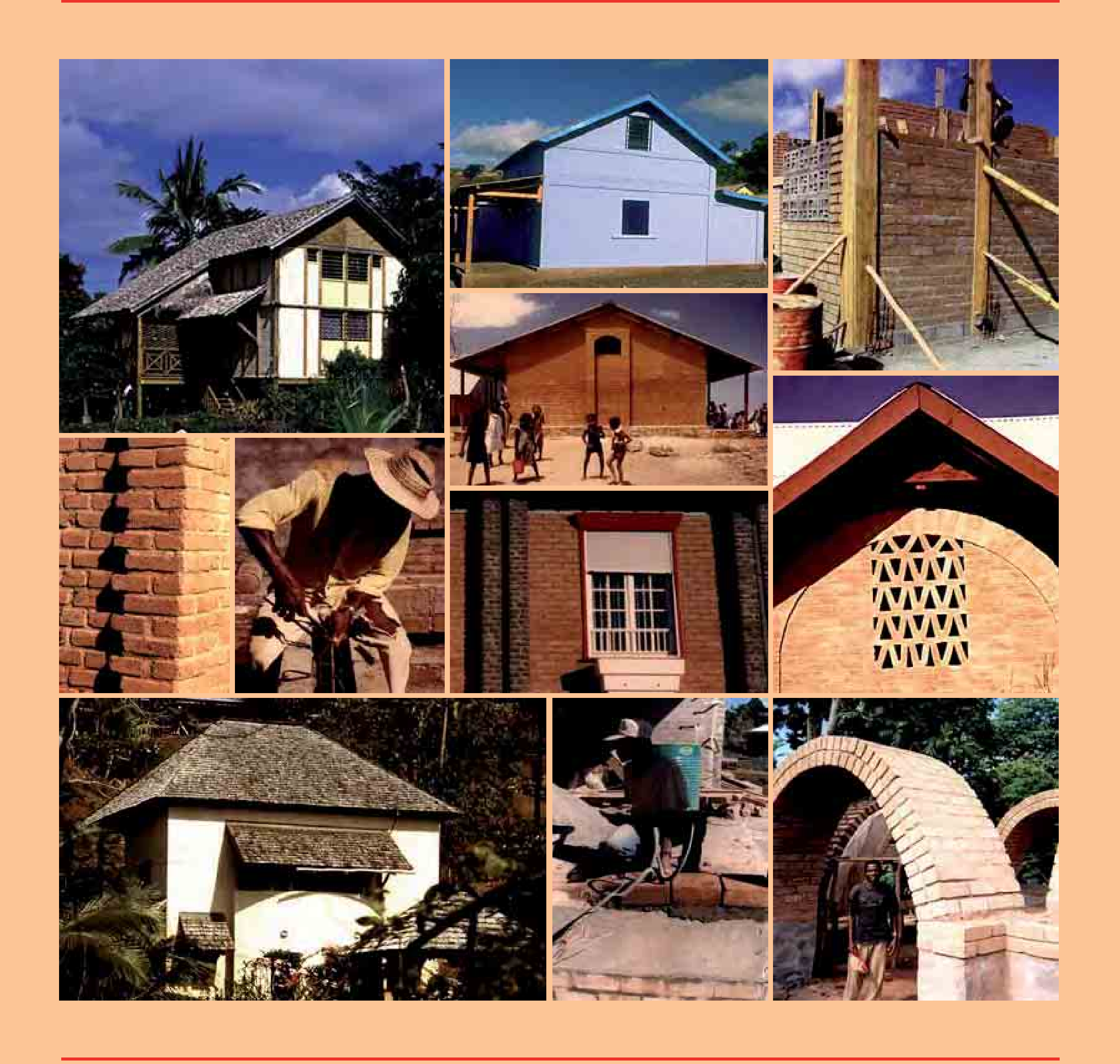
MAYOTTE

FILIERE BLOCS DE TERRE COMPRIMEE



Typologie des éléments et systèmes constructifs

1999

SIM
Société Immobilière de Mayotte
BP 91
97600 Mamoudzou
Mayotte
Telephone : (33) 02 69 61 11 13
Fax : (33) 02 69 61 14 95
E-mail : SIM@wanadoo.FR

CRATerre-EAG
Centre International de la Construction en Terre - Ecole d'Architecture de Grenoble
Ecole d'Architecture
60, avenue de Constantine
BP 2636 - F-38036 Grenoble Cedex 2
France
Telephone : (33) 04 76 40 66 25 / (33) 04 76 40 14 39
Fax : (33) 04 76 22 72 56
E-mail : craterre-eag.grenoble@grenoble.archi.fr

CRATerre - Secretariat
Parc Fallavier
Rue du Lac
BP 53 - F-38092 Villefontaine Cedex
France
Telephone : (33) 04 74 95 43 91
Telecopie : (33) 04 74 95 64 21
E-mail : craterre-eag.villefontaine@grenoble.archi.fr

ISBN 2 - 906901 - 20 - 2

M A Y O T T E

FILIERE BLOCS DE TERRE COMPRIMEE

Typologie des éléments et systèmes constructifs

Auteurs :

GisèleTAXIL et Arnaud MISSE

Architectes D.P.L.G.

Chercheurs au laboratoire CRATerre

de l'Ecole d'Architecture de Grenoble

Mission à Mayotte du 16 mars au 27 juillet 1998

Sous la coordination de :

la **SIM,**

Société Immobilière de Mayotte

et

CRATerre-EAG,

Centre International de la Construction en Terre

1999

Ce document a été réalisé grâce à la collaboration de :



Société Immobilière de Mayotte



CRATerre-EAG



Direction de l'Equipement de Mayotte

LIMINAIRE

Ce travail effectué du 16 mars au 27 juillet 1998 à la demande de la Société Immobilière de Mayotte dans le cadre des crédits du Secteur Pilote d'Innovation Outre Mer (SPIOM) a eu pour but la mise en place d'une démarche qualité dans la filière Blocs de terre comprimée avec un programme s'articulant sur quatre axes :
- La poursuite de la mise en place d'une démarche qualité dans la production des BTC.
- La mise en place d'une démarche qualité dans la mise en œuvre des BTC (et à terme dans la conception et la construction).
- La mise en place d'une stratégie de formation à la mise en œuvre des BTC, cela en liaison étroite avec les divers organismes de formation à Mayotte dans le secteur.
- La codification spécifique aux BTC, incluant des enquêtes sur le patrimoine bâti en BTC, des expérimentations sur des constructions et la définition de spécifications pour la production, la mise en œuvre et la conception.

Le contenu de ce document concerne le quatrième point : la codification spécifique aux BTC.
La réalisation de ce travail s'appuie sur :
- une recherche documentaire dans les archives de la SIM, de la Direction de l'Equipement et des différents ateliers d'architecture de Mayotte,
- des rencontres avec les différents acteurs intervenant dans le secteur de la construction,
- des enquêtes sur l'état du patrimoine construit en BTC.

Le travail réalisé sous la forme d'une série de fiches se veut une approche synthétique des différents systèmes et détails constructifs mis en œuvre à Mayotte depuis l'apparition de la filière de blocs de terre comprimée, il y a de cela bientôt 20 ans.
Les documents publiés jusqu'alors par la SIM traitent essentiellement des produits et de la mise en œuvre des BTC ; il était nécessaire de poursuivre sur les aspects conception et construction.

Chaque fiche traite d'un système et de détails constructifs identifiés et distincts ; l'ensemble des fiches dresse l'inventaire du patrimoine bâti en BTC et son évolution.
Le document est riche en exemples à la fois puisés dans le parc de l'habitat social et de l'habitat locatif réalisé en grande partie par la SIM.
On y trouve également des bâtiments publics ou privés remarquables, y compris, des exemples de différentes opérations en construction aujourd'hui.
Les ouvrages illustrés ont été sélectionnés pour leur valeur d'exemples : ils présentent un système constructif ou comportent divers détails constructifs efficaces et représentatifs d'un savoir-faire en conception et réalisation. De nombreuses expérimentations réalisées révèlent une recherche variée sur la construction en maçonnerie de BTC qui font de Mayotte un terrain d'étude privilégié.

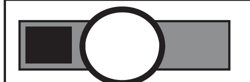
Les options constructives des bâtiments sont commentées et sont mises en parallèle avec un rappel de règles simples sur la conception et la mise en œuvre des ouvrages en maçonnerie de BTC.
Grâce aux enquêtes, des observations sur le comportement des bâtiments permettent d'analyser la pertinence des solutions constructives adoptées.

Ces fiches sont une base utile pour les travaux de mise aux normes des BTC (normes produits et DTU) qui sont programmés pour l'année 1999 et 2000 avec le CSTB.

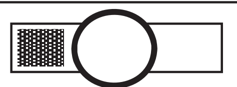
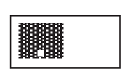
Ce document a été élaboré à Mayotte en collaboration avec la SIM et la Direction de l'Equipement, et avec l'aide de nombreux acteurs dans la filière et la construction en BTC.
Nous remercions l'ensemble de ces partenaires pour leur disponibilité, leur accueil et leur soutien dans notre travail.

SOMMAIRE

MAYOTTE: LA FILIERE BLOCS DE TERRE COMPRIMEE
TYPOLOGIE DES ELEMENTS ET SYSTEMES CONSTRUCTIFS




FICHES CONTENUES DANS LE PRESENT DOCUMENT

FICHES PREVUES MAIS NON REALISEES


en raison d'un nombre trop limité d'exemples significatifs


en raison d'une technique non encore développée à Mayotte, mais en prévision, (maçonnerie armée)


en raison de la mise au point de règles constructives s'attachant à la spécificité de Mayotte. Celles-ci demandant une phase d'analyse complémentaire des réalisations observées in situ, ces fiches trouveront prochainement leur place dans la rédaction de pré-documents normatifs.

LEGENDES

INTRODUCTION



Mayotte, petite île de 375 km2, peuplée en 1998 de 135 000 habitants, fait partie de l'Archipel des Comores situé entre Madagascar et la Côte d'Afrique (Tanzanie).
Depuis 1976, l'île est érigée en Collectivité Territoriale de la République française. Cette situation a impliqué depuis 1979 une promotion d'actions réalistes et efficaces tendant dans tous les domaines, et bien entendu dans celui de l'habitat, à réduire et à supprimer progressivement l'écart considérable existant entre le niveau de développement de Mayotte et celui de la Collectivité Nationale.

Dans cet esprit, la Direction de l'Equipement en liaison avec les responsables locaux s'est penchée sur ces problèmes d'amélioration du cadre de vie des Mahorais, et donc de leur habitat. La SIM (Société Immobilière de Mayotte), outil financier de gestion et de programmation est partenaire de ce développement en étant aussi l'opérateur technique.

Les besoins recensés, il y a 20 ans, tant en matière d'habitat que d'équipements étaient déjà considérables. Des décisions furent alors prises qui marquèrent le destin de Mayotte ; il fallait privilégier la valeur ajoutée locale par un développement auto-centré, explorer des voies alternatives, mobiliser les capacités d'auto-construction et l'utilisation des matériaux locaux ; tout cela avec le souci du respect des traditions de la culture mahoraise existante et de l'amélioration des conditions de vie de la population.
Ces actions ont concouru à la création d'un outil de production spécifique à Mayotte. Depuis 1983, une expérience originale, unique par sa durée et son ampleur, s'est développée à Mayotte. La SIM opte résolument pour la mobilisation des ressources locales en matériaux et en main-d'œuvre.
Elle organise avec CRATerre une filière de production de blocs de terre stabilisés au ciment. La fabrication et la mise en œuvre sont assurées par des artisans formés dans le cadre d'une démarche soutenue.

La filière Blocs de Terre Comprimée (BTC) a été lancée entre 1979 et 1982. Vingt carrières et un ensemble de 19 briqueteries furent installées progressivement sur l'ensemble de l'île.

Ce choix de filière se propose comme une alternative au béton qui avait toutefois déjà fait son apparition. Cette technologie relevait pourtant à l'époque d'une mise en œuvre médiocre et, de par l'utilisation du sable de mer, menaçait l'équilibre écologique du Lagon. Il n'y avait également pas d'unités de concassage d'agrégats et donc les seules matières premières minérales disponibles à faibles coûts étaient la terre et les sables volcaniques dont certains sont pouzzolaniques.
La mise en route d'une production de blocs de terre comprimée allait être le levier historique du développement de la construction à Mayotte.
L'exploitation des carrières, l'activité de production des briqueteries, l'utilisation du BTC sur tous les chantiers d'habitat social et locatif de la SIM et très vite pour la réalisation des bâtiments publics, ont contribué à mettre en place une véritable petite "industrie" locale, productrice et redistributrice de richesses.

Briqueterie à Mayotte



Ce ne sont pas moins de 10 000 logements sociaux et 1 100 logements locatifs qui ont été réalisés avec ce matériaux ainsi qu'un grand nombre de bâtiments publics. Au dela des résultats quantitatifs ces réalisations ont su générer l'existence d'un patrimoine et d'une culture typiquement mahoraise.



Modèle à ossature bois

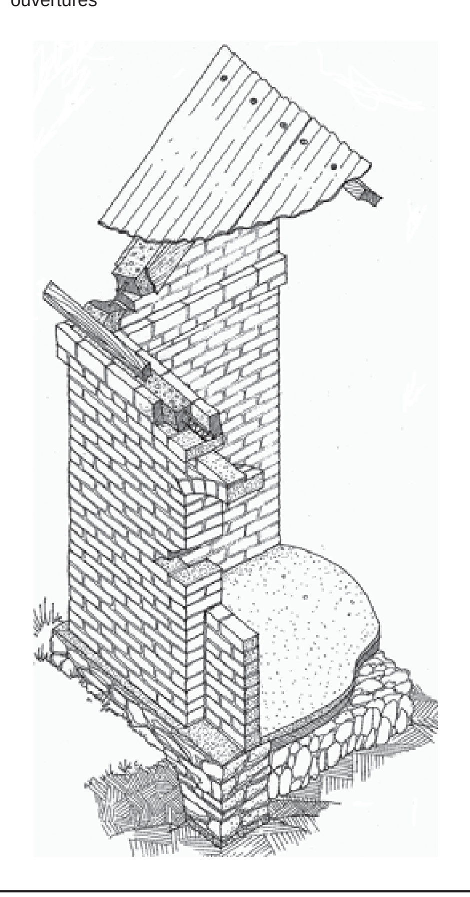
LE DEVELOPPEMENT DES PREMIERES TYPOLOGIES CONSTRUCTIVES

Dès 1980 de nombreuses expérimentations furent lancées sur deux voies constructives distinctes utilisant de façon optimale les ressources locales :

- La construction en ossature bois permet aux propriétaires de réaliser ses propres remplissages. Différents modèles furent édifiés: torchis, raphia, cocotier, BTC, kripi (fiche 6.2).
- La construction en maçonnerie porteuse de BTC de 14cm avec contreforts simplement chaînée horizontalement. (fiche 2.1)

C'est le système qui fut retenu comme principe de base de la conception et de la construction. Des franchissements en arcs étaient alors utilisés limitant également l'utilisation des bétons tout en apportant une esthétique forte.
Quelques dizaines de modèles de logements locatifs SIM de 1983 à 1986 sont réalisés en maçonnerie porteuse de 29,5 ou mixte 29,5 et 14 cm (fiche 2.3).
C'est principalement sur les équipements et les bâtiments publics que sera développée la construction en murs épais porteurs de 29.5 compte tenu de la représentation et du rôle qui leur sont dévolus et surtout du cadre réglementaire qui entoure leur réalisation (fiche 2.2). Les édifices construits sont de taille modeste, bien adaptés à l'environnement local.
Des expérimentations en arcs, voûtes et coupoles sont également réalisées (fiche 5).
Les solutions constructives porteuses employant le mur de 14 cm avec contreforts a permis de développer activement des techniques et un vocabulaire constructif et architectural propre à Mayotte.

Maçonnerie de 14cm chaînée horizontalement. Des arcs et des contreforts sont utilisés pour le traitement des ouvertures



DEUXIEME GENERATION DE TYPOLOGIES CONSTRUCTIVES
KAMISY et FELICKSA

Les réalisations précédentes ne prenaient que des dispositions minimum face à la contrainte cyclonique, tel que le chargement du chaînage horizontal par la maçonnerie du mur pignon et l'ancrage des pannes dans les rampants qui limitaient les risques d'arrachement de la toiture.

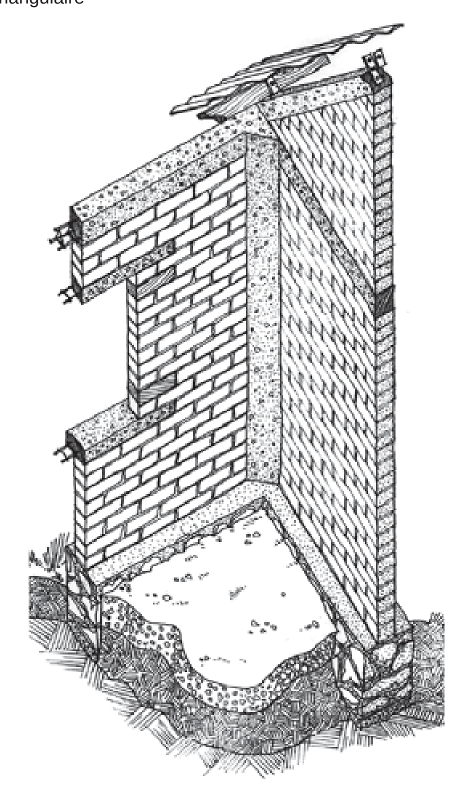
Lors du passage du cyclone Kamisy, en 1984 et Felicksa en 1985, les dégâts constatés furent l'arrachement des chaînages rampants et horizontaux et la fissuration des murs pignon.

Logement de fonctionnaire à Passamainty




Case POM

Maçonnerie de 14cm utilisant des raidisseurs de section triangulaire



Le plus souvent, ces dégâts assez minimes affectèrent les cases où la mise en œuvre avait été défectueuse (pas de fers dans le béton, pannes non ancrées) qui relévent plus de la méthodologie du suivi que du système lui-même.

La construction en maçonnerie de 14 utilisant des tirants ou des raidisseurs verticaux en béton armé dans les angles apparaît à cette époque afin d'améliorer l'ancrage des toitures.
La solution des tirants de section triangulaire dans les angles se généralise pour l'ensemble des opérations (fiche 3.1.A, 3.1.B). On assiste progressivement à la disparition de l'utilisation des maçonneries mixtes vers 1989 (fiche 3.3). La construction en murs épais porteurs, 29,5 cm, et ossature en maçonnerie avec raidisseurs verticaux (fiche 3.2), est surtout utilisée pour des bâtiments plus massifs à étages avec quelques opérations locatives et des réalisations plus prestigieuses comme les ouvrages à caractère public.
C'est également à cette époque que sont apparus des exemples de bâtiments utilisant des systèmes légers d'ossatures bois (fiche 6.2) ou d'ossatures en béton coulées en place ou préfabriquées (fiche 6.1) recevant un remplissage en BTC de 14 cm.
Ils permettaient de fournir :
- soit des structures "parapluie" pour reloger rapidement et à moindre coût (Kamicase, case POM),
- soit de diversifier les modes de construction, ce qui permettait de mobiliser un plus grand nombre d'artisans dans un contexte où la demande de logements et d'équipements était très forte.
En 1991, le développement rapide que connaît Mayotte entraîne une pénurie de logements. L'ensemble des acteurs du bâtiment est mobilisé pour répondre à la demande et pour rechercher des solutions permettant d'augmenter la vitesse de la construction. Il faut construire vite. Les dispositions prises n'iront pas dans le sens d'une amélioration de la qualité de la conception et de la construction. On assiste alors à un appauvrissement des savoir-faire spécifiques à la maçonnerie de BTC.

TROISIEME GENERATION DE TYPOLOGIES CONSTRUCTIVES
LE SEISME DE 1993

Ossature en B.A.



Le 2 décembre 1993, l'île de Mayotte est touchée par un séisme de magnitude 5,1 sur l'échelle de Richter.
Malgré les divers dégâts constatés le comportement des constructions s'est globalement avéré satisfaisant. En effet très peu de cases présentaient des problèmes de pathologie structurelle inquiétante.

La prise de conscience de l'existence d'un risque sismique faible (bien qu'aucun texte officiel ne classe Mayotte dans telle ou telle zone) a alors amené les conducteurs d'opérations et les professionnels à se référer aux règles PSMI et à avoir recours de plus en plus systématiquement à l'utilisation des raidisseurs en béton.

Des expérimentations sont effectuées et la maçonnerie en murs de BTC harpés à l'Italienne apparaît dans les projets d'habitat locatif de la SIM. Ce système constructif permettait alors de simplifier l'ancrage et la reprise des appuis des éléments de charpente. Cette technique s'étendra rapidement à l'habitat social (fiche 3.4).

Aujourd'hui, s'ajoute à ce facteur la réalisation de constructions à étages qui devient nécessaire au regard de la densification en zone urbaine, de la saturation de beaucoup de village en but à des problèmes fonciers. L'habitat groupé ou semi-collectif apparaît à Mayotte.
L'utilisation d'ossatures, principalement d'ossatures béton porteuses, et de remplissage de 14 cm en BTC se généralise dans l'habitat locatif (fiche 6.1) Des essais de constructions en maçonnerie porteuse de 29,5 cm avec raidisseurs pour des bâtiments collectifs à étage sont réalisés.
Ces différentes solutions constructives, qui requièrent une technicité et des équipements de plus en plus importants, complexifient la mise en œuvre et augmentent le coût des ouvrages.

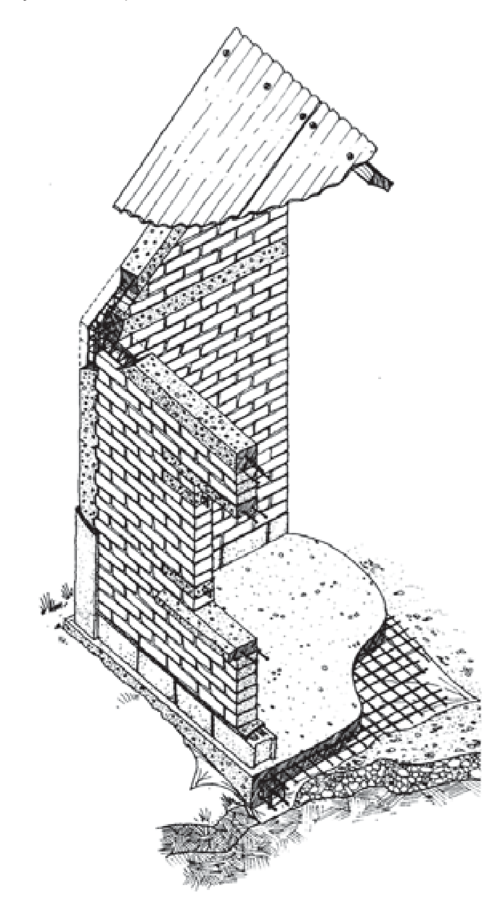
Une option intéressante dans le contexte actuel est l'utilisation du bloc de 22 x 22 cm introduit à Mayotte en 1997. Elle se justifie pour deux raisons :
- d'une part avec l'apparition de la consultation des bureaux de contrôle puisque ces derniers se réfèrent au DTU maçonnerie 20.1 relatif à la Métropole et disqualifient l'utilisation du mur de 14 cm d'épaisseur en BTC pour des considérations d'étanchéité inadéquate avec le climat mahorais ;
- d'autre part, parce qu'elle est plus économique que la construction de la maçonnerie de 29,5 cm : lourde et difficile à mettre en œuvre.
Des expériences originales sont également tentées la réalisation de panneaux de BTC en remplissage d'ossature métallique (fiche 6.3).

La filière BTC mahoraise, avec ses savoir-faire locaux, son "intelligence" constructive et architecturale, est un modèle de développement endogène. L'économie sociale du secteur du bâtiment qui en résulte et qui est au cœur de cette démarche, pourrait bien être, au-delà de ses spécificités et de ses particularités, un modèle de stratégie de très large portée.



Illustration de la densification urbaine et des problèmes fonciers

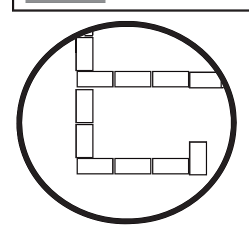
Maçonnerie harpée à l'Italienne sur une case habitat social



Construction en maçonnerie porteuse de BTC de 22 x 22



MURS PORTEURS DE 14 cm HARPES EN ANGLE



La construction en maçonnerie porteuse mince convient particulièrement à la réalisation de bâtiments de faible hauteur, avec un maximum de deux niveaux. Elle est généralement utilisée pour la réalisation de bâtiments économiques. En effet, le système constructif simple nécessite peu de matériaux (murs simples non enduits). Un chaînage horizontal en haut du mur est nécessaire, il ceinture le bâtiment et permet l'ancrage de la charpente.

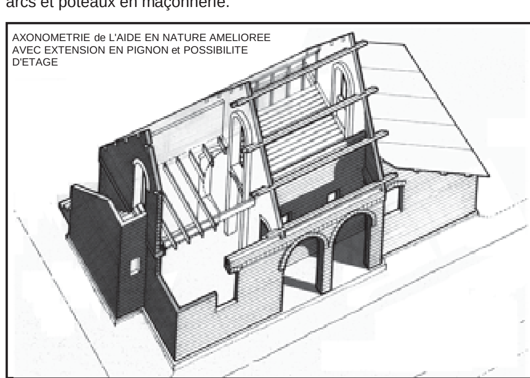
Aide en nature axonométrique — **1983:** coupe sur l'angle

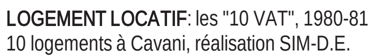
LOGEMENT SOCIAL
AIDE EN NATURE, AN 2, Modèle 1983, conception et réalisation SIM. (vue ci-contre)
Développée par la SIM dès 1980, c'est une habitation de 2 pièces basée sur les principes de l'habitat traditionnel mahorais.
La maçonnerie BTC est dressée directement sur un système de fondation et de soubassement en béton cyclopéen.
La simplicité de la conception est adaptée à une réalisation par des petits artisans maçons mais aussi aux principes de l'autoconstruction. Ce modèle illustre un principe optimal d'utilisation des ressources locales : matériaux et main-d'œuvre.
Ce modèle adopte le principe de la construction d'allèges indépendantes qui ménagent un joint de séparation des charges avec les contreforts des tableaux (jambages de baies).

Coût 1982: **24 000 FF**
m² hors œuvres: **37 m²**
m² habitables: **33 m²**



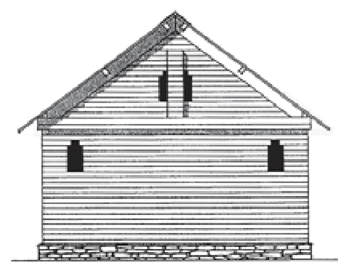
Un des premiers modèles de l'aide en Nature vers 1983. Ce modèle est proposé avec deux demi-varangues intégrées : pour limiter l'emploi du bois, la varangue porte sur les arcs et poteaux en maçonnerie.



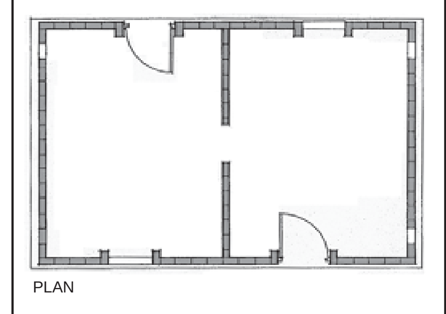


LOGEMENT SOCIAL: l'Aide en Nature amélioré, conception et réalisation SIM

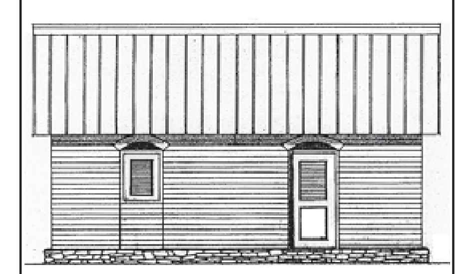
Conçu afin de proposer un logement social plus spacieux que l'AN 2 (45 m²) et plus "accessible" au revenu des familles, ce modèle propose des possibilités d'évolution importantes (étage, extension). L'emploi d'arcs en BTC pour les franchissements, outre leur esthétique, était justifié d'un point de vue économique, ils limitaient l'utilisation de béton ou de bois alors d'un coût trop élevé et d'une qualité souvent médiocre.
Coût en 1982: 45 000 FF



PIGNON: de petites ouvertures assurent la ventilation naturelle du logement

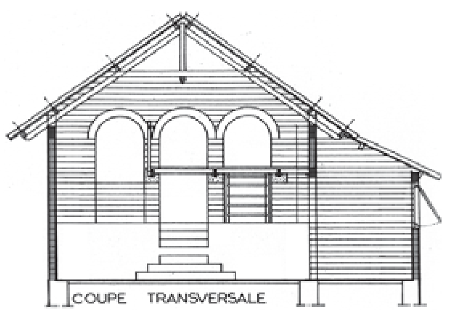


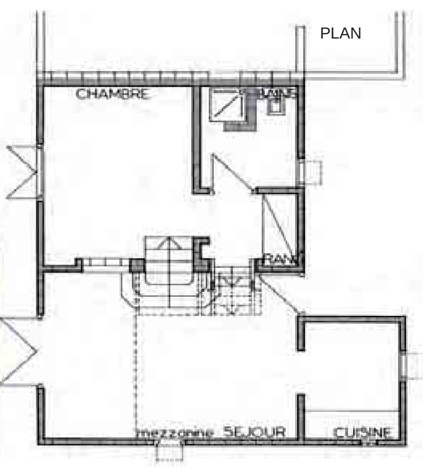
PLAN



FACADE: le soubassement en pierre évite le problème de remontées capillaires.

LOGEMENT LOCATIF: les "10 VAT", 1980-81
10 logements à Cavani, réalisation SIM-D.E.
C'est un des premiers locatifs construits en blocs de terre comprimée. Des compagnons du tour de France participèrent à sa réalisation tout comme à beaucoup d'autres chantiers jusqu'en 1987. Ces petits logements mitoyens sont construits sur des terrains en forte pente (40 %), une solution de demi-niveaux a été retenue pour s'adapter au relief. La partie haute du pignon est allégée par l'emploi d'une ferme à entrait retroussé, celle-ci reçoit un bardage bois permettant la ventilation haute du logement. Les passages en mur de refend sont réalisés avec des arcs plein cintre. Les BTC sont hourdés avec un mortier chaux/sable.Ces bâtiments, bien qu'employant des murs porteurs minces simplement chaînés horizontalement se sont très bien comportés dans le temps. Un bon traitement de la partie basse de la construction (gestion de l'écoulement des eaux autour du bâtiment et bonnes fondations) ainsi qu'un entretien régulier sont les garants de cette pérennité.
Coût 1980: 90 000 Fr





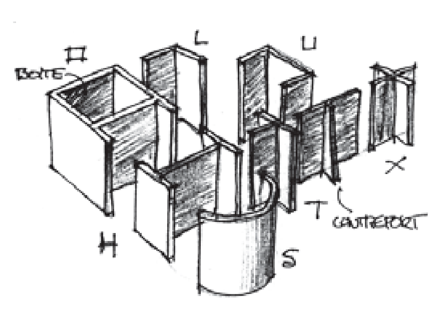


Vue du lotissement des "10 VAT" réalisé sur un terrain en pente à Cavani.

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

L'épaisseur de la maçonnerie mince en BTC requiert d'améliorer la stabilité des murs par l'utilisation de redans et de contreforts (angles et tableaux de baies), de formes stables: boîtes ou formes en "L", "U", "X", etc.
L'enveloppe sera donc de type continu (monolithique) à la façon des plans "traditionnels" ou composée d'éléments stables.
On préférera des bâtiments sans étage afin de limiter les charges s'exerçant sur les murs et n'exposant que légèrement le bâtiment à des contraintes aérodynamiques.

Ci-dessous: murs de formes stables.



Ci-dessus: MAGASIN SIM, petite terre.
Illustration d'une maçonnerie en forme de boîte, autostable et autoporteuse, puisque ici la toiture est portée par une ossature bois à l'intérieur du bâtiment



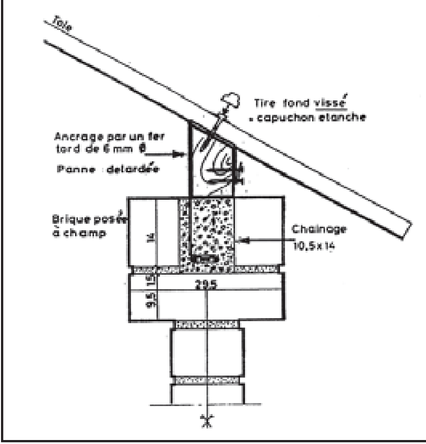
Pamandzi, Petite Terre, 1980.

Certainement un des premiers modèles d'habitat social "2 pièces" construit en maçonnerie porteuse de BTC.
Le chaînage en béton armé fait linteau.

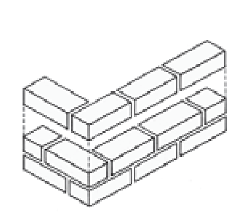
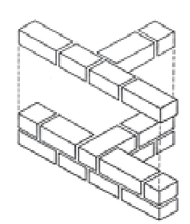
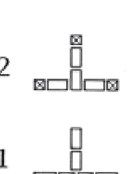
Ci-dessous: contrefort en saillie, au droit d'une ouverture, amèliorant la stabilité du mur

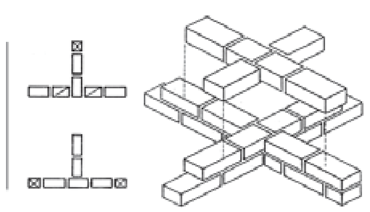
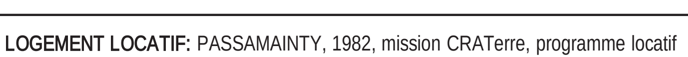


DETAIL D'ANCRAGE DE CHARPENTE & CHAINAGE EN BETON ARME
Le béton est coulé dans un coffrage perdu en blocs de terre comprimée maçonnés (fond du coffrage: blocs en boutisses, bords du coffrage: blocs sur champs)
Le chargement du chaînage horizontal par la maçonnerie du mur pignon et l'ancrage des pannes dans les rampants sont nécessaires, ces dispositions améliorent l'efficacité du chaînage et limitent les risques d'arrachement de la toiture.



APPAREILLAGES en L et en T:
Ils nécessitent de façon courante l'emploi de blocs 1/2 et 3/4. Le rôle de l'appareillage est essentiel pour garantir la cohésion, la stabilité et la résistance de la structure en maçonnerie.

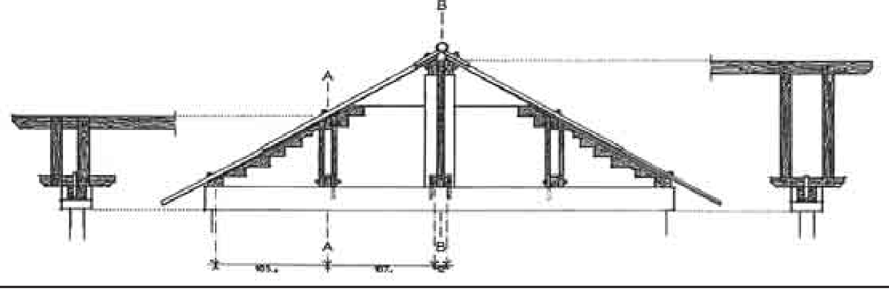
LOGEMENT LOCATIF: PASSAMAINTY, 1982, mission CRATerre, programme locatif SIM, 8 logements du T2 au T4.
Ce projet était lancé dans le cadre d'une mission de réalisation d'un programme d'habitat-pilote confié par la SIM au CRATerre-EAG tant pour la conception que pour le suivi de chantier. Le projet proposait, en plus de la mise en route d'une briqueterie-pilote, un chantier-modèle afin de développer les savoir-faire spécifiques au BTC.

Façade calpinée.

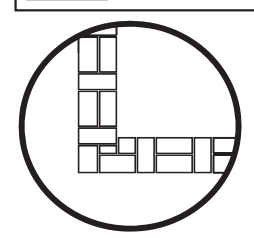


La conception de ces logements est réalisée à partir d'une case habitat social du type "Aide en Nature" et propose un agrandissement autour de cette base. Les chambres et les services (cuisines+sanitaires) occupent des blocs indépendants réunis autour d'une grande varangue qui constitue "l'espace de vie" de la maison. Les ouvertures sont réparties de façon symétrique en façade. Celle-ci est rythmée par les contreforts et les arcs réalisés en saillie faisant tableaux de baies. L'allège des fenêtres est indépendante. Cette solution permet de maîtriser le risque classique de fissuration structurale qui survient en allège, si celle-ci est appareillée avec le mur, lorsque l'ouvrage opère son tassement.
L'ensemble de l'opération a été réalisé avec des blocs de terre stabilisée au ciment à 8 % et un mortier de terre/pouzzolane et ciment (12 %).

Principe d'ancrage de la charpente: un système de consoles en bois associé à la maçonnerie du chaînage, reprend des poteaux, moisés ou non, qui assurent l'ancrage des pannes de la toiture. La panne sablière est ancrée par des fers coulés dans le chaînage horizontal. Un poteau maçonné appareillé avec le mur joue le rôle de raidisseur et assure la stabilité de la partie haute du pignon contre la poussée des vents.



MURS PORTEURS DE 29,5 cm HARPES EN ANGLE

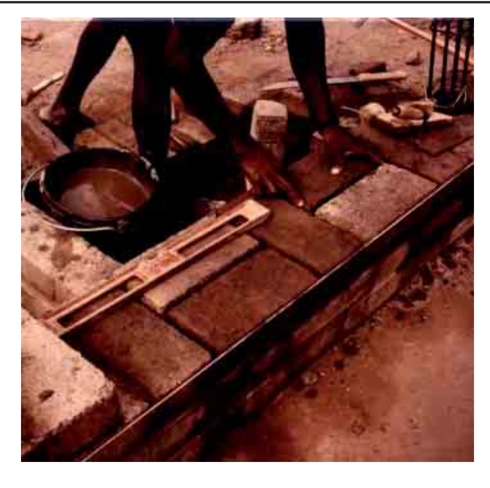


Les possibilités architecturales du plan sont multiples : l'enveloppe peut être de type continu (monolithique) ou simplement composée de trumeaux porteurs. Le plan peut aussi comprendre des éléments stables (murs à redans et contreforts). Les pans de murs maçonnés peuvent être plus importants que pour un mur de 14 cm puisqu'ils sont moins exposés au risque de flambement. Cette technique permet la réalisation de bâtiments à étages et d'équipements collectifs ; d'autant plus que les contraintes admissibles à la base d'un mur épais sont importantes. En effet, elles varient avec l'épaisseur et la section du mur : un mur appareillé en boutisse (29,5 cm d'épaisseur) peut supporter 4,5 fois plus de charges qu'un mur trumeau appareillé en panneresse (épaisseur de 14 cm).

Les murs porteurs de 29,5 cm nécessitent pour leur réalisation une main-d'oeuvre et une quantité de matériaux importante. Dans un contexte où le coût de la main-d'oeuvre est élevé, l'aspect économique du projet en limite leur utilisation.

Un chaînage horizontal en haut du mur reste important pour liaisonner les murs et reprendre les efforts horizontaux, ainsi que pour assurer une répartition uniforme des charges.

Les murs épais peuvent être utilisés pour un premier niveau et être associés à une maçonnerie mince à l'étage.

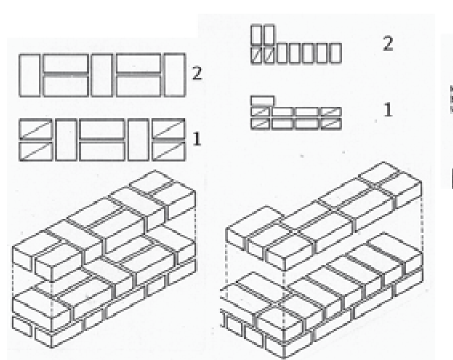


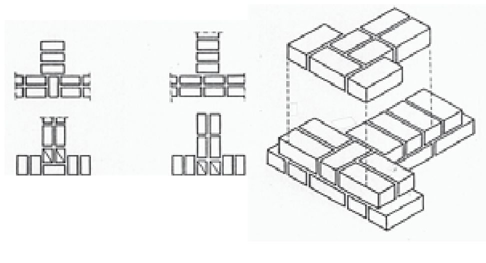
Ci-dessus:
photographie de chantier d'un mur appareillé de 29,5 cm d'épaisseur. On remarque les outils du maçon (cordeau, niveau…) nécessaires pour réaliser une mise en œuvre soignée de la maçonnerie.

APPAREILLAGES

Voici quelques exemples d'appareillages pour des murs dont l'épaisseur correspond à un bloc plein. Les appareillages demandent l'utilisation de blocs spéciaux : le bloc plein, le bloc demi et le bloc trois quarts.

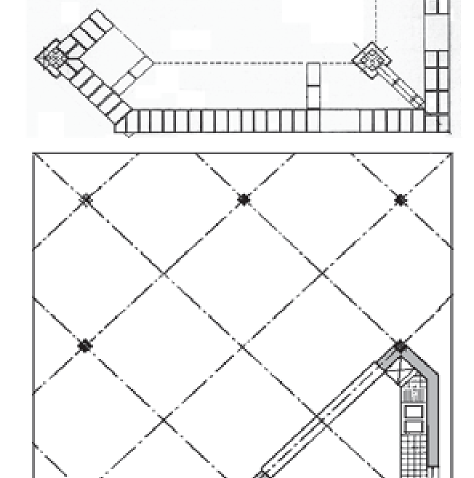
Le dessin de l'appareillage permet de déterminer la position de chaque bloc, d'une assise à l'autre et sert à éviter ce que l'on nomme un "coup de sabre". Celui-ci résulte de la superposition de deux joints verticaux qui risquent de favoriser la propagation de fissures structurelles.

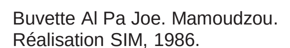






Généralement, l'écart minimum entre les joints verticaux de deux assises successives est égal au quart de la longueur du bloc.



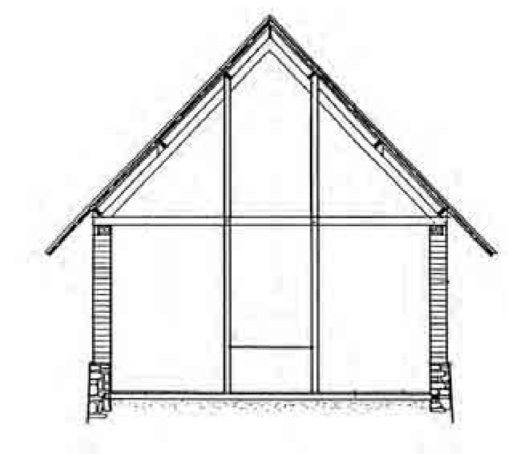


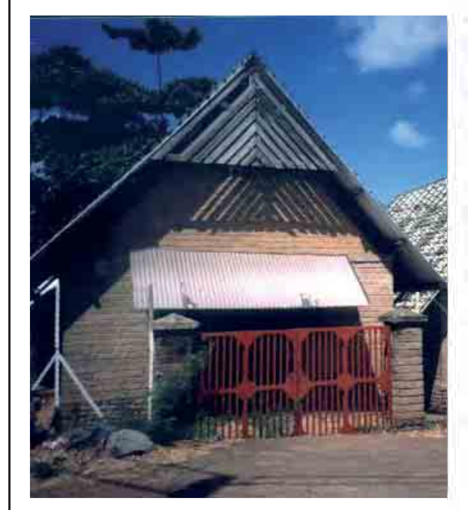
Buvette Al Pa Joe. Mamoudzou.
Réalisation SIM, 1986.
Ce projet est surtout attrayant pour la superbe charpente réalisée par des compagnons charpentiers, mais on peut toutefois relever l'appareillage soigné des angles à 45° .

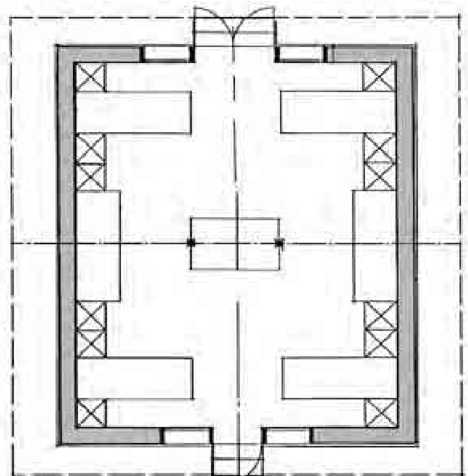
BATIMENTS PUBLICS

Internat du collège 1982.
Conception: A. Cheyssial architecte.

Ce bâtiment simple est composé d'une enveloppe monolithique. Les ouvertures (blocs de menuiseries portes et fenêtres) sont rassemblées sur les murs pignons.
La maçonnerie (pierre et blocs de terre comprimée) a été exécutée avec du mortier de terre faiblement stabilisé au ciment et jointoyée en montant. La maçonnerie est apparente et présente toujours un très bel aspect sans qu'aucun traitement ni entretien n'ait été effectué sur ces bâtiments.







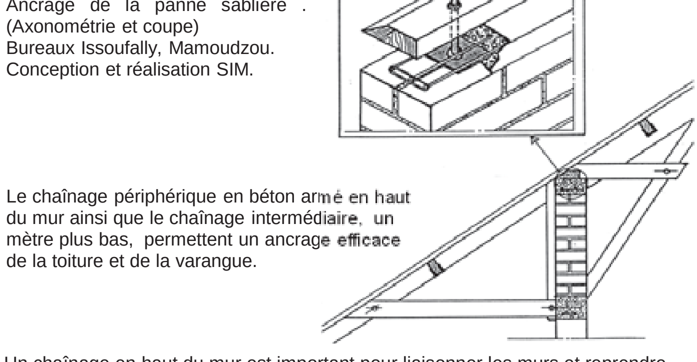
LOGEMENT LOCATIF
Modèle "VANU". 1980
Conception et réalisation SIM.
Quatre logements à Cavani.

D'inspiration malgache, ce logement est entièrement réalisé en mur de 29,5 sans chaînage vertical. Les planchers de bois reposent sur des murs épais. On remarque les linteaux droits appareillés en BTC.
L'épaisseur des murs assure un confort thermique intéressant dans un contexte climatique comme celui de Mayotte.
Cependant, sur un bâtiment modeste, ce type de maçonnerie est consommatrice d'espace.





DETAIL:
Ancrage de la panne sablière .
(Axonométrie et coupe)
Bureaux Issoufally, Mamoudzou.
Conception et réalisation SIM.



Le chaînage périphérique en béton armé en haut du mur ainsi que le chaînage intermédiaire, un mètre plus bas, permettent un ancrage efficace de la toiture et de la varangue.

Un chaînage en haut du mur est important pour liaisonner les murs et reprendre les efforts horizontaux, ainsi que pour assurer une répartition uniforme des charges aux appuis. Les solutions de chaînage en coffrage perdu sont intéressantes avec des murs épais.

BATIMENTS PUBLICS : Ecole en brique. 1982
Conception, L.A. Cheyssial.

Ce bâtiment illustre un système constructif de murs stables par leur forme. Les murs pignons à redans et les piliers dans l'axe transversal (supportant la ferme centrale) sont en maçonnerie de BTC de 29,5 d'épaisseur.
Une ossature bois sur laquelle est fixée l'ensemble des menuiseries relie les éléments en maçonnerie. Le chaînage périphérique du bâtiment est assuré par la lisse haute de l'ossature bois associée au chaînage haut (béton armé coulé dans un coffrage perdu en brique) des murs en maçonnerie porteuse.

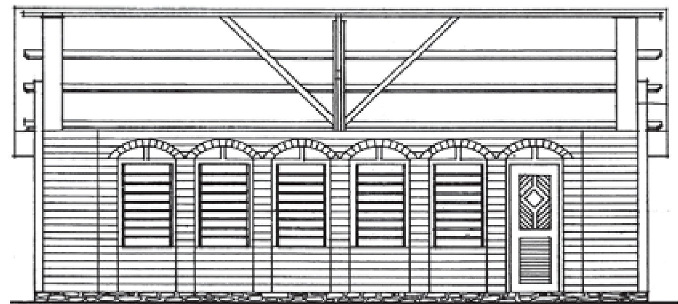


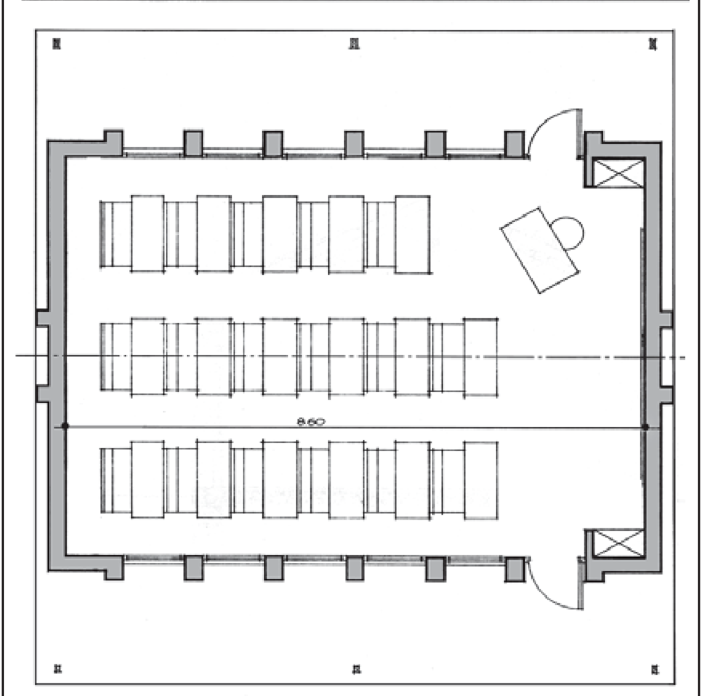
La plupart des modèles observés sur le terrain ont été réalisés avec un poteau bois à la place du pilier en BTC ; le cadre des menuiseries, la ferme centrale et les poteaux bois qui la supporte, forment alors une ossature bois complète qui relie les deux murs pignons à redans.
Le concept de ce bâtiment est à rapprocher de l'expérimentation de la case Chembenouyba en 1986 (réalisée en mur de 14 cm d'épaisseur).
Ref. Fiche 3.1.B

BATIMENTS PUBLICS :

Ecole en ossature de BTC. 1982

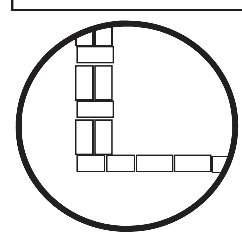




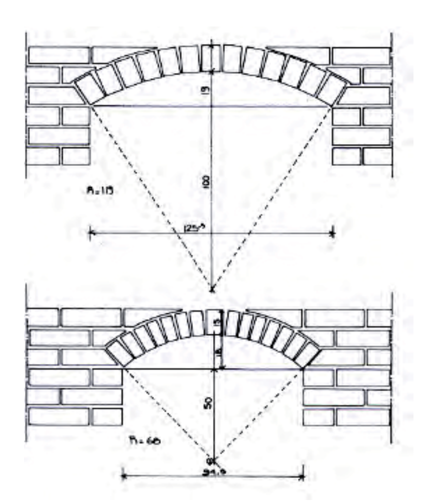


Le concept de système mixte (illustré ci-contre par une ossature bois associée à des murs en maçonnerie autostable) est ici représenté par des murs pignons à redans associés avec une ossature en maçonnerie.
Les ouvertures sont réparties dans les percements de l'ossature en arcs. Les allèges indépendantes sont réalisées en BTC ou en remplissage bois. Cette solution constructive met l'accent sur l'utilisation du BTC produit localement et mis en oeuvre par de petites entreprises ce qui a permis d'abaisser les coûts de 60% par rapport aux réalisations précédentes

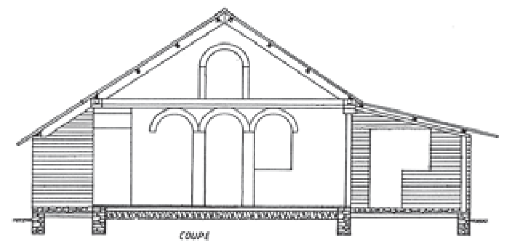
2.3 CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE PORTEUSE CHAINEE HORIZONTALEMENT
MAÇONNERIE MIXTE : MUR DE 29.5 cm ET MUR DE 14cm HARPES EN ANGLE.



Des modèles de logements locatifs SIM de 1983 à 1986 sont en maçonnerie porteuse mixte. Cette solution constructive utilise judicieusement la variation sur l'épaisseur des murs : les murs pignons porteurs plus élancés et davantage exposés aux forces latérales exercées par les vents sont en maçonnerie de 29.5 d'épaisseur alors que les murs gouttereaux et de refends, moins sujets aux contraintes structurelles et aux contraintes climatiques (protection des varangues, murs intérieurs) sont des murs minces de 14 cm. Ce système entraîne évidemment un dimensionnement approprié des fondations puisque les charges verticales des murs ne sont pas uniformes.



Arcs surbaissés de 94,5 cm (portes) et arc de 125,5 cm (porte "shanza") .
On remarque le dessin soigné de l'appareillage de l'arc qui s'inscrit dans une hauteur de rangs déterminée : 3 rangs de blocs.



Les dimensions répétitives des franchissements en arcs sur les différents projets s'expliquaient par la nécessité d'avoir des arcs "types" identiques qui favorisaient la mise en œuvre par les artisans.



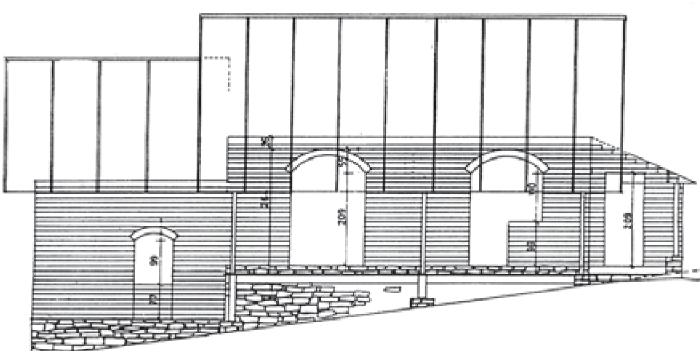
Ci-dessus et à droite: Modèle T4A. Conception et réalisation SIM, 1983.

Les modèles de logements locatifs de cette époque sont conçus sur la même trame avec un soin particulier accordé au dimensionnement des ouvertures. Des règles simples sont à observer ; il est préférable d'avoir :

- **une longueur cumulée des ouvertures inférieure à 35 % de la longueur du mur,**
- **une distance minimale entre une baie et un angle de bâtiment de 1m,**
- **une largeur de trumeau entre deux baies d'un minimum de 60 cm,**
- **une portée classique des ouvertures limitée à 1,20 m.**

Il convient en général d'éviter les trop grandes concentrations de vide ou les trop grandes ouvertures à moins d'avoir conçu la structure en conséquence (renfort, contrefort, ossature...).



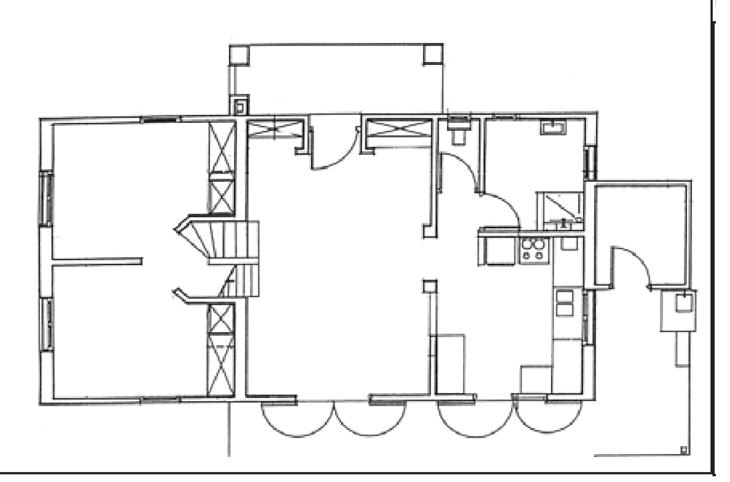


Les murs pignons et le mur de refend qui séparent les deux niveaux sont en maçonnerie de 29,5 cm ; ceux-ci portent le plancher du demi-niveau. La construction s'est bien comportée dans le temps ; la liaison mur mince - mur épais ne révèle pas de pathologies particulières. Par contre, le changement de niveaux et donc de hauteur de fondation et de soubassement a entrainé quelquefois une fissure verticale sur le mur de façade le long de l'intersection avec le mur de refend.

LOGEMENT LOCATIF: Modèle T4 B . 1983
Conception et réalisation SIM.

C'est à partir de 1985 que l'on observe l'occupation systématique des pentes fortes parfois jusqu'à 30 % peu exploitées jusqu'alors.
Pour des raisons techniques et économiques, les choix se sont portés sur une implantation dans le site par une adaptation du projet à la pente. Comme ce modèle, les logements locatifs de cette période et jusqu'à 1993 possèdent souvent un demi-niveau et un système de fondations simple et adapté aux savoir faire et aux matériaux locaux.

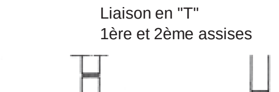
L'humidité du sol de fondation peut entraîner des désordres structurels graves sur le bâtiment. A Tsimkoura, les terrains mal drainés en bas de la pente ont altéré la cohésion et la résistance du sol, entraînant un affaiblissement des fondations et une désolidarisation du mur pignon bas d'un modèle T4B. Un renfort des fondations et une ceinture en haut du mur en béton armé a permis de sauvegarder l'ouvrage.



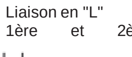
De la même façon qu'il est nécessaire d'exécuter le calepinage du plan pour chaque assise différente de BTC, le calepinage vertical des façades, monté à partir du plan est tout aussi important.
Il fournit le nombre exact des assises de blocs et permet de bien régler la dimension verticale des tableaux d'ouvertures, la position du chaînage, le passage de poutres d'un plancher dans les murs.
Certains détails complexes peuvent exiger leur calepinage vertical, en élévation ou en coupe.
Ce travail de calepinage permettra le contrôle de l'exécution de l'ouvrage et surtout la mise en valeur d'une modulation précise, base de l'effet esthétique et de la qualité structurale de la maçonnerie de petits éléments.

APPAREILLAGE : le harpage de murs d'épaisseurs différentes nécessite une mise en œuvre soignée due aux contraintes de charges différentielles de la maçonnerie. Les appareillages nécessitent l'utilisation du bloc plein, du bloc demi et du bloc trois quarts.

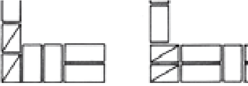
Liaison en "T"
1ère et 2ème assises



Liaison en "L"
1ère et 2ème





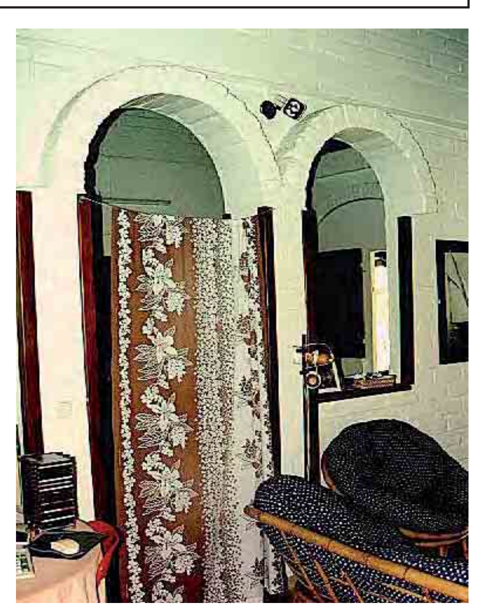


FACADE CALEPINEE
Façade et plan calepinés de la case de passage. 1987
Conception et réalisation SIM.



Conception et réalisation SIM, 1983.
Logement Locatif
Modèle T3.
Ces modèles simples possèdent des varangues spacieuses, de larges débords de toiture et des aménagements de cunettes qui se sont avérés des protections efficaces du bâtiment dans le temps.

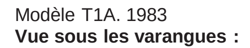




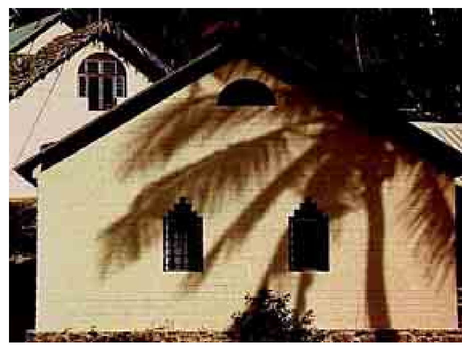
Conception et réalisation SIM, 1983.
Logement Locatif
Modèle T4A.
Vue intérieure :
Des piliers maçonnés en 29,5 de part et d'autre de l'ouverture reprennent la descente de charge des arcs.



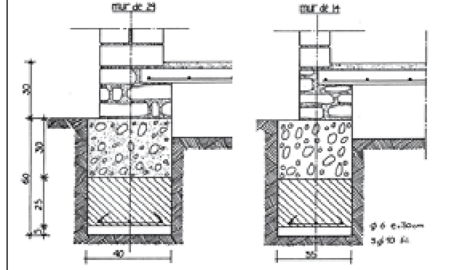




Modèle T1A. 1983
Vue sous les varangues :
Les arcs surbaissés ou en plein cintre sont communément utilisés dans les projets des années 80. Ces types simples favorisaient la rotation des coffrages sur l'ensemble des ouvrages et dans les différentes entreprises.



Conception et réalisation SIM, 1983.
Habitat type



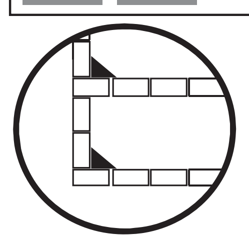
Ce système met en évidence le dimensionnement étudié des fondations et la position centrée de celles-ci par rapport aux descentes de charges des murs.

Il est important de rappeler que la construction dans la pente nécessite des fondations appropriées ; celles-ci doivent mettre le bâtiment à l'abri de pathologies structurales ou des problèmes liés à l'humidité.
Le choix du type de fondation doit être adapté au type de sol (terrains parfois instables et peu résistants) et au type de bâtiments construits, à la nature des charges et surcharges admissibles, et aux contraintes climatiques de Mayotte où les fortes pluies de la saison humide ravinent les sols et risquent de déchausser les fondations.
Ci-contre :
Aménagement des abords d'un bâtiment :
Un soubassement réalisé en pierres hourdées à plat (60 cm de haut environ) met la maçonnerie à l'abri du rejaillissement des eaux de pluies.



3.1 A

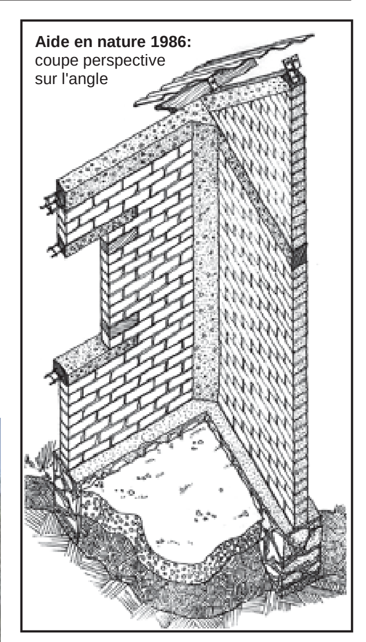
CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE PORTEUSE MINCE CHAINEE HORIZONTALEMENT
MURS PORTEURS DE 14 cm HARPES AVEC TIRANT VERTICAL EN ANGLE



La construction en maçonnerie porteuse mince avec des tirants en béton armé, dans les angles est apparue à Mayotte au lendemain du cyclone Kamisi (1984). **Cette disposition constructive permet un meilleur ancrage de la charpente** (risque cyclonique d'arrachement des toitures). Ce tirant est lié à la maçonnerie par des fers, il permet un renfort de l'angle du bâtiment grâce à sa capacité de travail en traction (bon comportement des structures lors du tremblement de terre en 1993).

La mise en œuvre des tirants d'angle est assez aisée et ne demande que peu de matériel, de plus, elle permet le contrôle de la qualité des bétons coulés. Les maçonneries porteuses restent harpées, respectant une logique constructive claire. Les possibilités architecturales de ce système sont identiques à celles des murs de 14 cm simplement harpés en angle (réf. fiche 2.1).

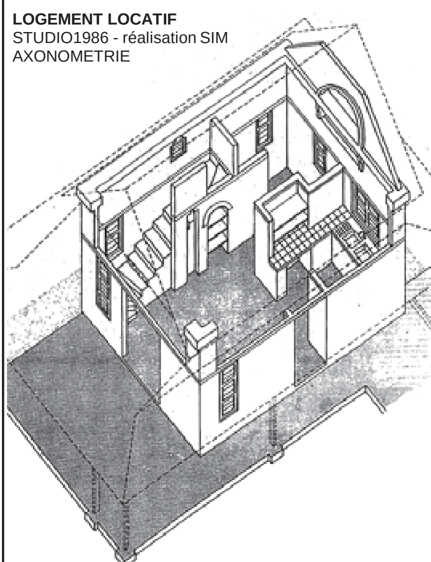
Aide en nature 1986: coupe perspective sur l'angle



LOGEMENT LOCATIF: T2 pente-1986 - conception et réalisation SIM. Construction en pente



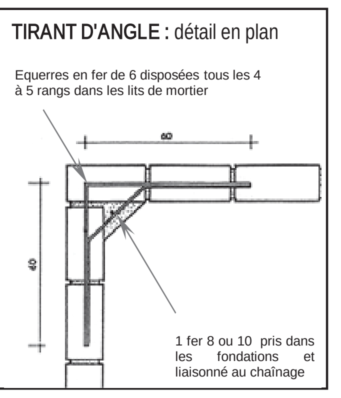
LOGEMENT LOCATIF
STUDIO1986 - réalisation SIM
AXONOMETRIE





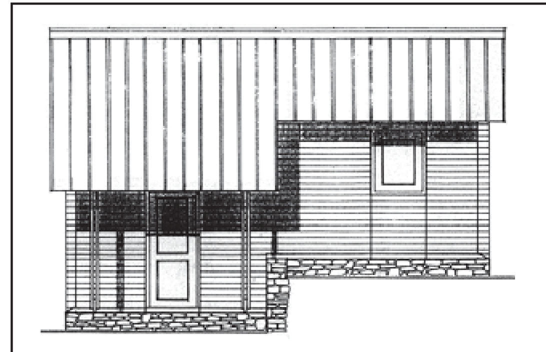
LOGEMENT SOCIAL
AIDE EN NATURE Modèle 1986 - conception et réalisation SIM.
Ce modèle est une évolution de "l'Aide en nature" de 1983 : le plan est identique alors que certains détails changent. Les linteaux et les appuis de fenêtres en béton armé se substituent à l'arc et à l'allège indépendante. Les contreforts au droit du tableau des ouvertures disparaissent ainsi que le raidisseur maçonné du pignon et le coffrage perdu en blocs du chaînage horizontal.

TIRANT D'ANGLE : détail en plan



LOGEMENT LOCATIF, "case des conducteurs", 1986, conception et réalisation SIM
Reprenant une typologie "malgache", ce bâtiment est un R+1 de petite dimension conçu, au départ, pour être un logement social à étage (plancher bois, haut du pignon en bardage bois sur ferme préfabriquée, deux chaînages horizontaux hauts en B.A.). La maçonnerie est limitée à "la boîte" hors pignon haut, ce qui permet un système constructif très rigoureux.

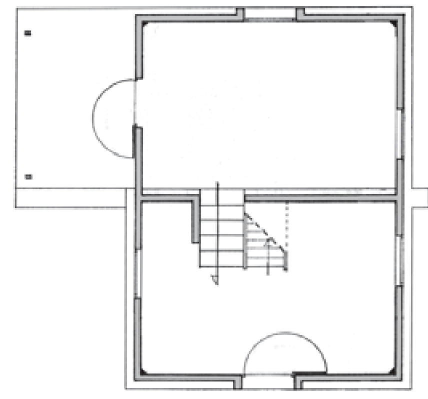






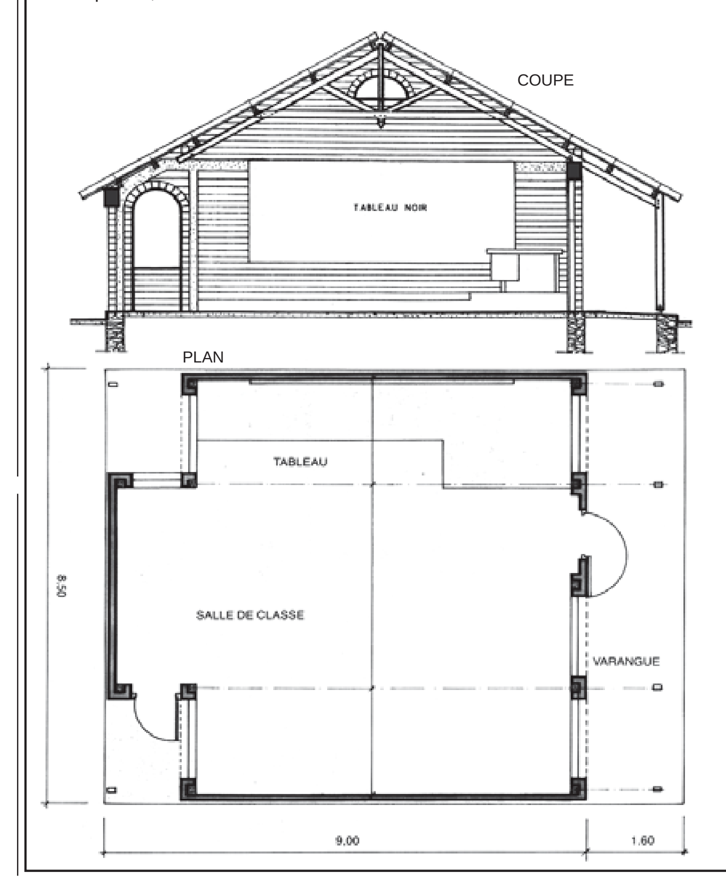
LOGEMENT SOCIAL, AIDE EN NATURE adapté à la pente, modèle 9 - 1986 - 11 modèles à Cavani, conception et réalisation SIM

Ce modèle utilise un système constructif clair particulièrement adapté à la maçonnerie de BTC. Les ouvertures sont traitées en remplissage (allège indépendante en BTC ou en menuiserie). En pignon, elles s'ouvrent sur toute la hauteur, entre les chaînages, scindant le mur en deux. Des jambages en saillie assurent le rôle de contrefort sur toute la hauteur améliorant la stabilité des deux parties du pignon. Le chaînage horizontal reprend les charges du plancher du demi-niveau et relie les maçonneries. L'implantation et l'aménagement de qualité des bâtiments dans ce site en pente permettent d'éviter l'apparition de problèmes de tassement différentiel. Bien mis en œuvre, les modèles étudiés sont encore très sains. Le coût trop élevé de la construction n'a malheureusement pas permis de reproduire ce modèle en grand nombre (coût 1987 : environ 110 000 FF)



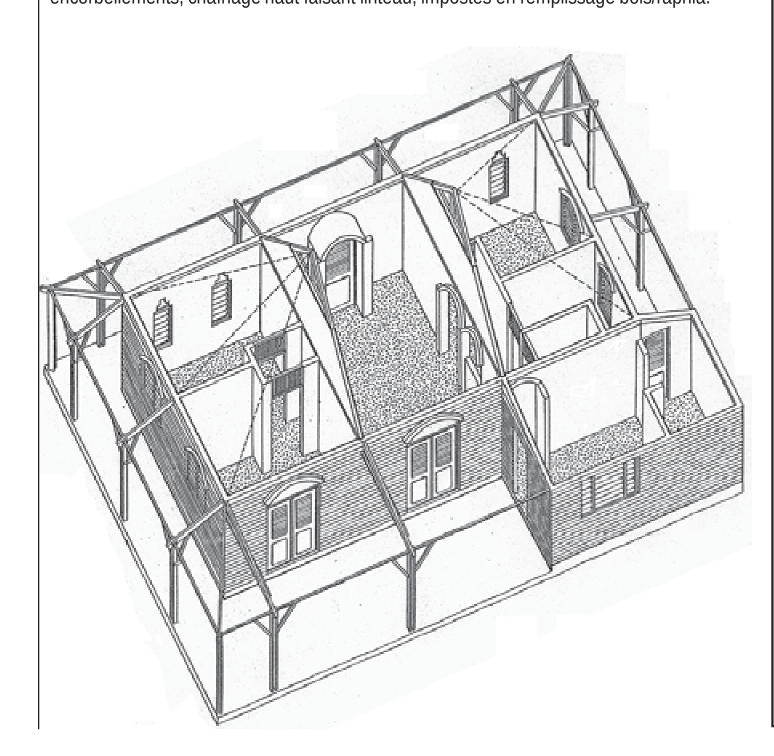
DISPOSITION CONSTRUCTIVE PARTICULIERE
MUR de 14 cm HARPE avec RAIDISSEUR VERTICAL intégrés dans un CONTREFORT

BATIMENTS PUBLICS : Ecole en brique, 1981
Cet exemple illustre l'utilisation possible de raidisseurs B.A. intégrés dans un contrefort maçonné sur un mur de 14 cm. Cette disposition est intéressante d'un point de vue économique puisqu'elle permet l'utilisation des murs minces pour des bâtiments relativement importants. Les contreforts/raidisseurs portent les éléments de charpentes, ancrent la toiture et assurent une meilleure stabilité des murs.

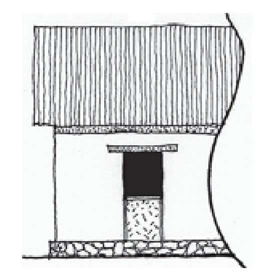
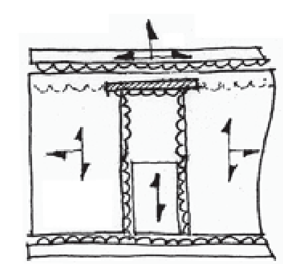


LOGEMENT LOCATIF: Modèle T4S, 1986, conception et réalisation SIM

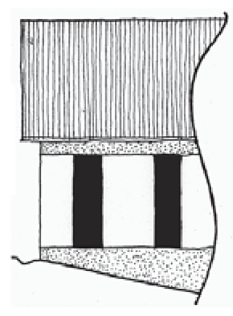
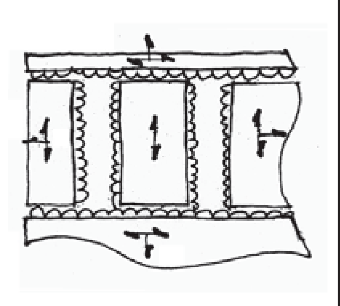
Quand il est possible de construire de plein pied, ce modèle extrapolé de ceux mis au point en 1983 (T2, T3,...), a été construit sur 1 ou 2 niveaux. La rigueur de l'organisation des ouvertures et des trames est parfaitement lisible.
La toiture protège largement les murs par une varangue périphérique. On remarque sur l'axonométrie ci-dessous la grande richesse du traitement des ouvertures : arcs, voûtes, encorbellements, chaînage haut faisant linteau, impostes en remplissage bois/raphia.



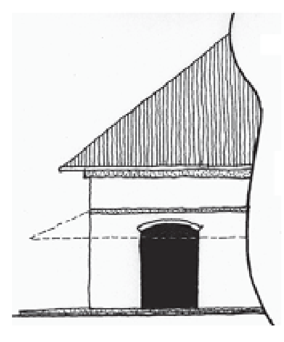
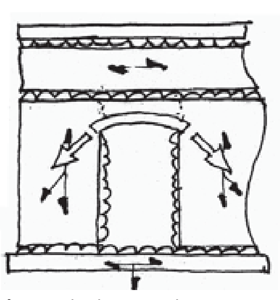
DIFFERENTS TYPES DE TRAITEMENT DES CHAINAGES ET DES OUVERTURES
la séparation verticale ou horizontale de la maçonnerie au niveau des lignes de charge : chaînage horizontal faisant linteau ou appui de baie ou joint de rupture des charges, comme une allège indépendante, permet un **bon contrôle des descentes de charges** et limite les risques de fissuration.

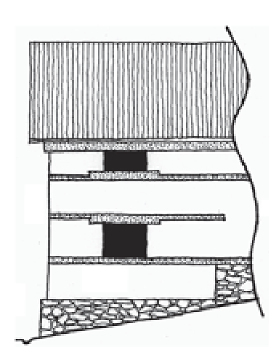
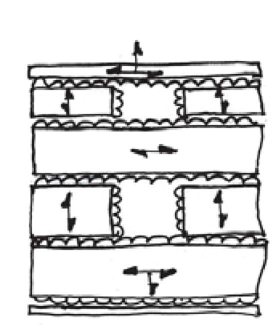
Habitat social **A.N.9** : linteau B.A., allège indépendante, et chaînage haut

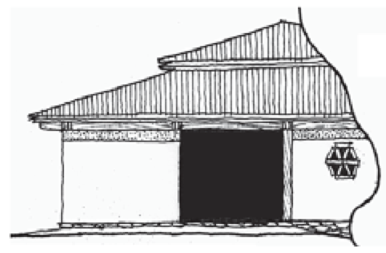
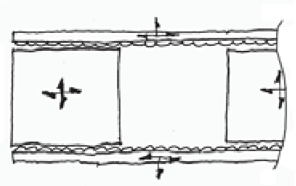
T3 V case pente : ouverture sur toute la hauteur, le chaînage horizontal haut fait linteau. Il permet également l'ancrage de la sablière, de la varangue et du plancher.

T4S : franchissements en arcs, deux chaînages horizontaux hauts ancrent la varangue et la toiture. Cette disposition constructive a pu parfois créer des problèmes de fissurations entre les deux chaînages trop rapprochés. Une évolution utilisant des plots béton intégrés à la maçonnerie et assurant la reprise des appuis de varangue a été alors, de préférence, retenue.

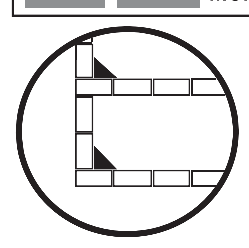



T5 BV : Des chaînages périphériques, continus ou partiels, en béton armé, ceinturent la construction et jouent soit le rôle de linteau soit celui d'appui de baies.

T3 briqueterie : traitement des ouvertures entre des blocs indépendants de maçonnerie disposant d'un chaînage haut.

CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE PORTEUSE MINCE CHAINEE HORIZONTALEMENT
MURS PORTEURS DE 14 cm HARPES AVEC TIRANT VERTICAL EN ANGLE : DIFFERENTS MODELES



Les différents modèles qui suivent illustrent quelques-unes des possibilités d'utilisation de ce système constructif. Ces exemples sont intéressants à deux titres :

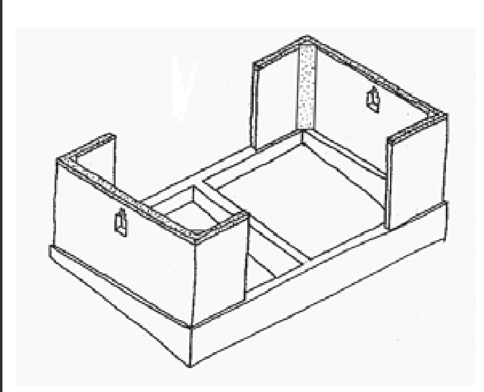
- d'une part, parce qu'ils utilisent de manière astucieuse des éléments en maçonn relativement simple à mettre en œuvre (faible hauteur, forme simple : boite, murs en U, etc.). Ceux-ci sont associés à d'autres éléments, en l'occurrence des structures en bois, afin d'améliorer, soit les qualités spatiales (plus grande surface), soit la mise en œuvre du bâtiment ;
- d'autre part, parce qu'ils proposent différentes logiques de traitement des ouvertures bien adaptées à un système porteur en maçonnerie mince de BTC.

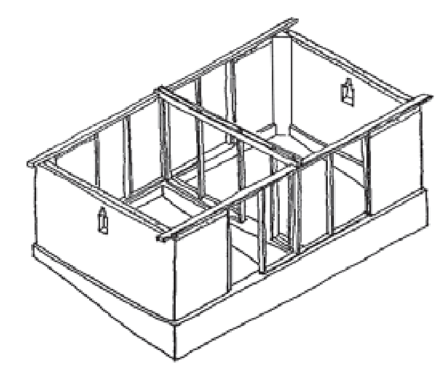
LOGEMENT SOCIAL : 20 cases expérimentales à CHEMBENYOUMBA, 1986 - conception et réalisation SIM

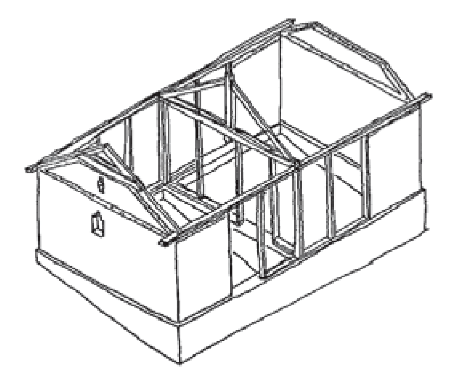
Ce modèle illustre un système constructif utilisant des murs stables par leurs formes.
La construction est composée de deux "U" indépendants et autostables en maçonnerie minces de BTC (14 cm). La liaison entre les deux "U" est assurée par une ossature bois qui intègre le mur de refend. La lisse haute de l'ossature bois reprend les chaînages "ouverts" en béton armé des deux blocs de maçonnerie et complète ainsi le chaînage périphérique de l'ensemble du bâtiment. Ce système "composite" : maçonnerie de brique, tirant en B.A. dans les angles et ossature bois permet un bon ancrage des toitures (en mur pignon, un chaînage rampant facilite l'ancrage de la charpente).
De plus, il diminue grâce à l'utilisation d'une ossature bois la phase "humide" de chantier, et permet ainsi une réalisation rapide du gros œuvre. Ces constructions ont été réalisées dans le cadre d'un programme de relogement très économique. L'enveloppe du bâtiment, maçonnerie de BTC et ossature, était livrée par la SIM, le remplissage de l'ossature et la finition revenant à l'attributaire qui pouvait ainsi réaliser rapidement une case pérenne.



Vue extérieure d'une case. Les finitions sont réalisées par le propriétaire : ici, remplissage de l'ossature bois recouverte d'un grillage par un blocage de cailloux





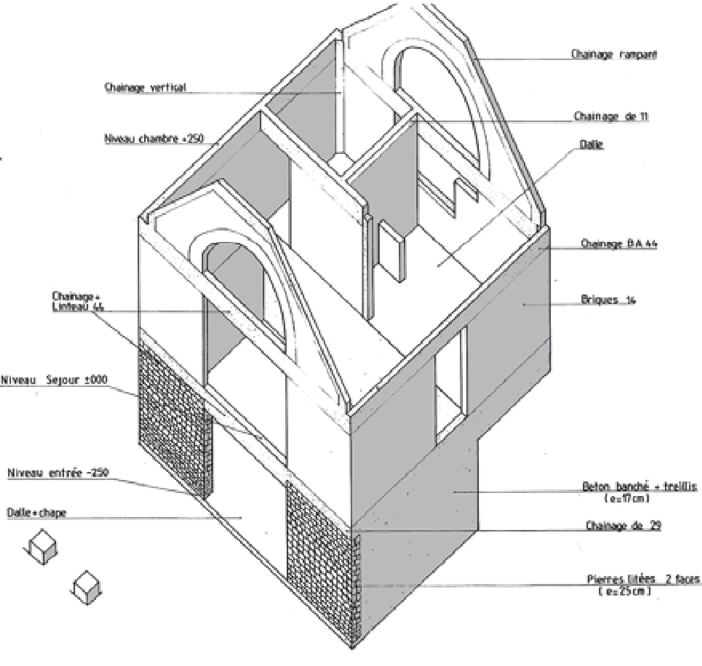


Séquences de construction de la case CHEMBENYOUMBA: construction de la maçonnerie BTC des murs pignons en "U" sur des fondations et soubassements en béton cyclopéen, réalisation du chaînage B.A., assemblage de l'ossature bois puis mise en œuvre des parties hautes du pignon et pose de la charpente.

FACADE

PHOTO SUR LA STRUCTURE BOIS

AXONOMETRIE DE LA PARTIE MACONNERIE



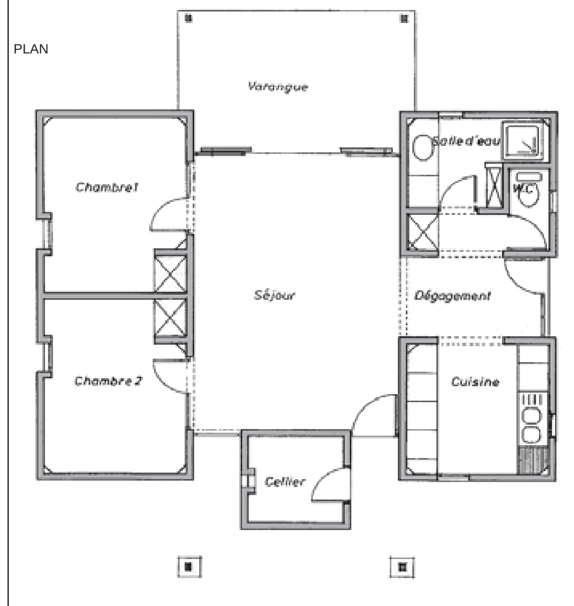
LOGEMENT LOCATIF: Modèle T3 V case pente-1988-conception et réalisation SIM

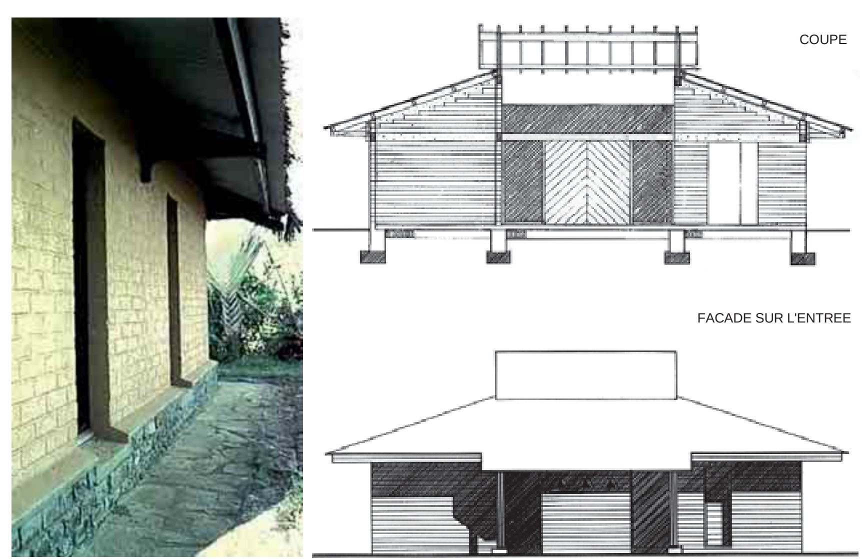
Un module de 6m x 6m, construit en dur, est adapté à une forte pente avec une varangue sur pilotis. Cette disposition permet de limiter l'intervention sur le terrain d'origine. La pente a néanmoins suggéré, quand elle était très forte (40 %), la mise en œuvre d'une pièce supplémentaire au niveau inférieur.
Les baies de la partie maçonnerie s'ouvrent sur toute la hauteur des murs, le chaînage haut fait linteau et assure l'ancrage de la sablière, des planchers et de la structure "bois" de la varangue.
Une solution d'arc en plein cintre est utilisée pour les ouvertures en partie haute du pignon. Cet arc de 2,50 m de portée et de 14 cm d'épaisseur est réalisé en un rouleau de BTC, appareillés avec soin sur leur longueur. Il permet d'enrichir la modénature des façades mais sa réalisation est délicate. En effet, le haut du pignon est d'un élancement important, il reste fragile jusqu'à la pose de la charpente.

LOGEMENT LOCATIF: Modèle T3 CV - 1990 - conception et réalisation SIM (69 m^2)

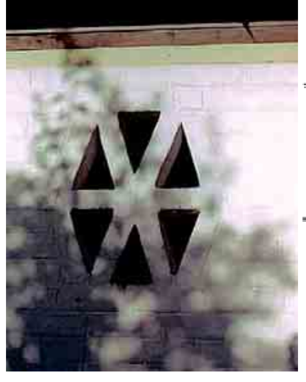
Le plan permet une lecture claire du système constructif : il s'agit d'un ensemble de "boîtes" indépendantes en maçonnerie qui sont disposées en U, elles supportent la charpente et génèrent ainsi un grand espace de vie central couvert.
On trouve sur cette réalisation deux types de traitement des ouvertures : soit elles sont créées par les vides entre les volumes, soit ce sont des baies sur toute la hauteur comprise entre le soubassement et le chaînage horizontal. Des retours du mur en jambage, le long des baies, font alors contreforts.
La protection des murs aux précipitations et l'aménagement des abords sont particulièrement soignés : dépassé de toiture important, soubassements pierre, larges trottoirs et cunettes périphériques.
L'observation de ces réalisations ne révèle, à posteriori, pas de problème, le système constructif illustré ici convient très bien à ce type de bâtiment de plein pied.



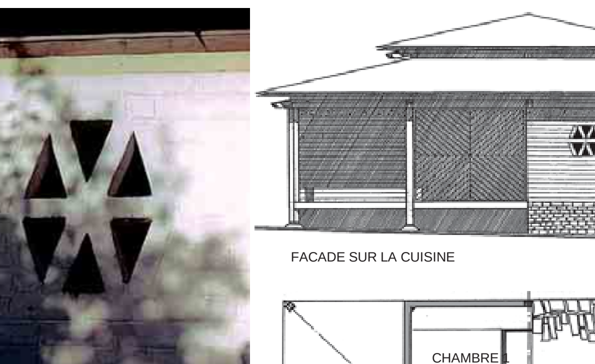


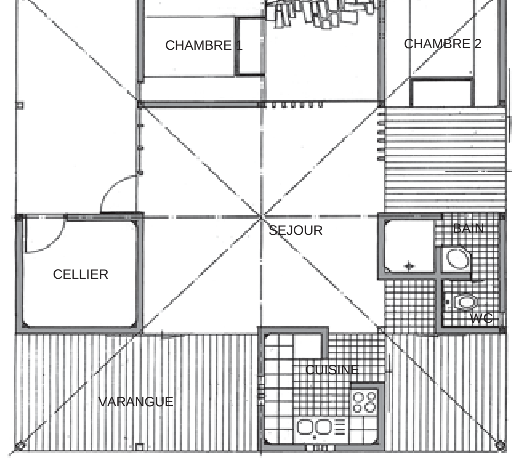


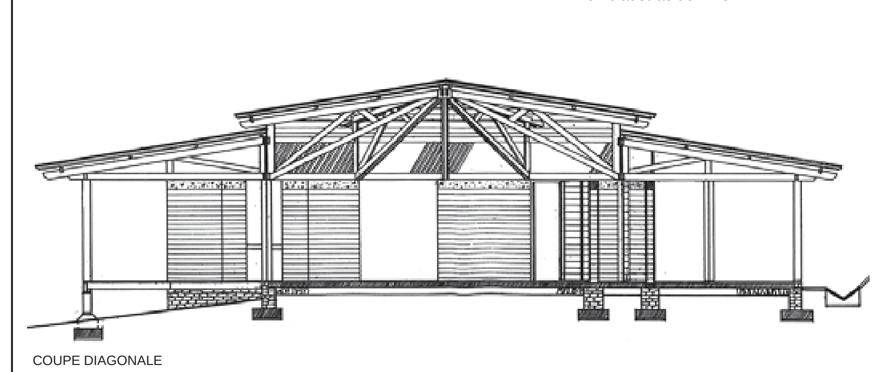
LOGEMENT LOCATIF:
Modèle T3 briqueterie - 1990 - conception et réalisation SIM (80 m2 habitable)
Un ensemble de boîtes indépendantes, réalisées en maçonnerie chaînée horizontalement et verticalement, porte une grande toiture, créant ainsi un "parapluie" sous lequel les espaces de vie s'organisent. Tous les volumes de la maison sont organisés sur une trame très marquée de 2,60 m. Ainsi, la maçonnerie est uniquement réalisée avec des panneaux de murs courts. Les principales ouvertures sont les vides entre les volumes en BTC.
Sur ce modèle, le remplissage au-dessus du chaînage horizontal est réalisé en bois assemblé à claire-voie. Cette solution, outre la ventilation naturelle qu'elle crée, évite un remplissage en BTC entre chaînage et charpente qui peut fissurer sous l'action des mouvements et des vibrations de la toiture.
Comme pour le modèle précédent, très peu de problèmes ont été relevés sur ce modèle, même s'il a été, par la suite, modifié.



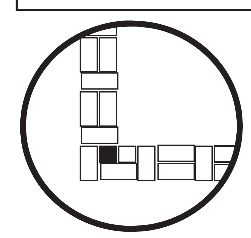
Les seuls percements réalisés dans les panneaux de maçonnerie sont traités en claustras de BTC.



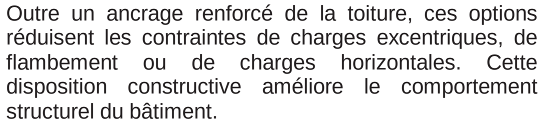




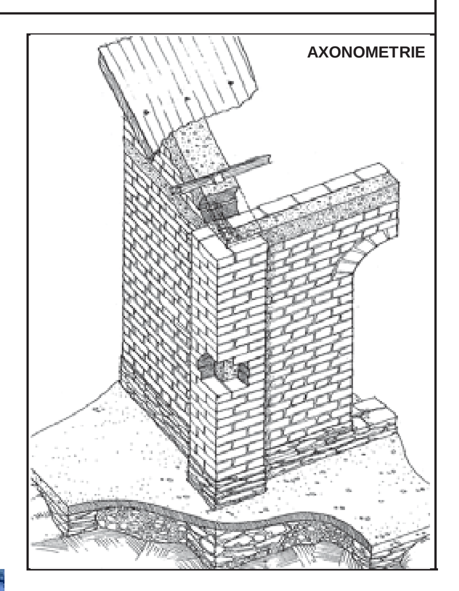
CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE PORTEUSE CHAINEE HORIZONTALEMENT
MURS PORTEURS DE 29,5 cm AVEC RAIDISSEURS DANS LA MAÇONNERIE



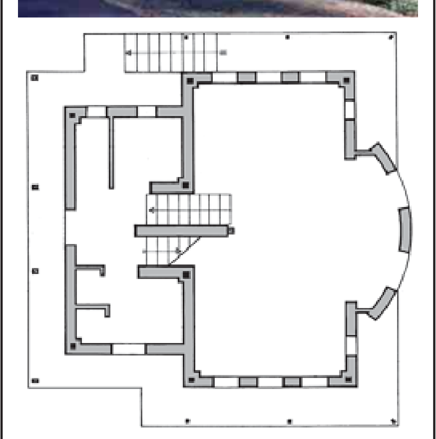
La construction en maçonnerie porteuse de 29,5 cm avec tirants en béton armé dans les angles est apparue au lendemain du cyclone Kamisi en 1984. Différentes déclinaisons de ce système ont été adoptées. Le raidisseur en béton armé coulé dans un coffrage perdu en BTC est soit dans l'épaisseur du mur, soit dans un contrefort.



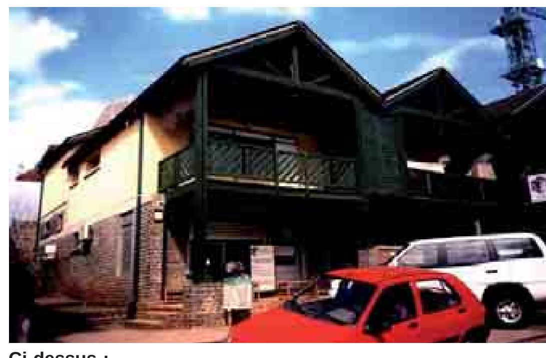
Outre un ancrage renforcé de la toiture, ces options réduisent les contraintes de charges excentriques, de flambement ou de charges horizontales. Cette disposition constructive améliore le comportement structurel du bâtiment.
L'inconvénient du raidisseur coulé dans un coffrage perdu relève du contrôle difficile de la conformité de réalisation du détail.
Davantage utilisé pour les murs de 14 cm d'épaisseur, on retrouve toutefois, sur quelques projets en maçonnerie de 29,5 cm, le détail du tirant coulé "en triangle" dans l'angle intérieur du mur.
Réf. fiche 3.1.A et 3.1.B



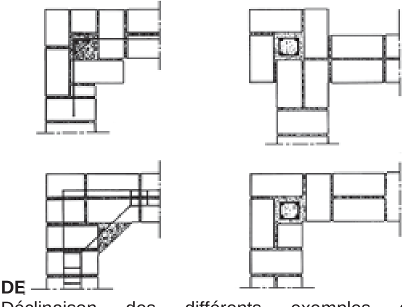




LOGEMENT LOCATIF :
T4 Breslar. Mamoudzou. 1985
Conception et réalisation SIM.
Ce modèle construit sur un terrain en forte pente est composé d'un 1er niveau en murs de 29.5cm d'épaisseur et d'un étage en murs minces. Les raidisseurs verticaux sont continus sur les deux niveaux.



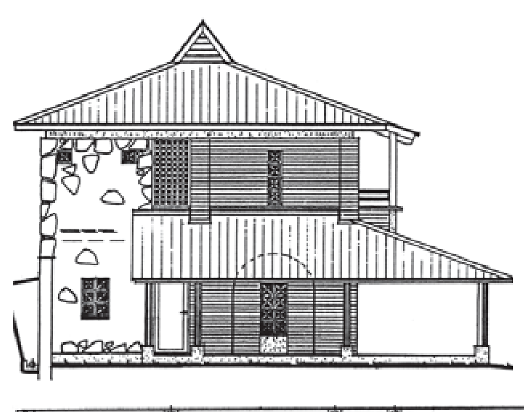
Ci-dessus :
COMMERCES Place Mariage, Mamoudzou 1987
Conception et réalisation SIM.
Le projet est entièrement réalisé en maçonnerie de BTC de 29,5 cm d'épaissseur. Les tirants en B.A. sont coffrés en triangle dans les angles du bâtiment. (Détails ci-contre).



DE
Déclinaison des différents exemples de raidisseurs. Pour assurer une bonne mise en œuvre des raidisseurs dans le coffrage perdu en blocs, il est nécessaire de couler le béton tous les 5 à 6 rangs de BTC.

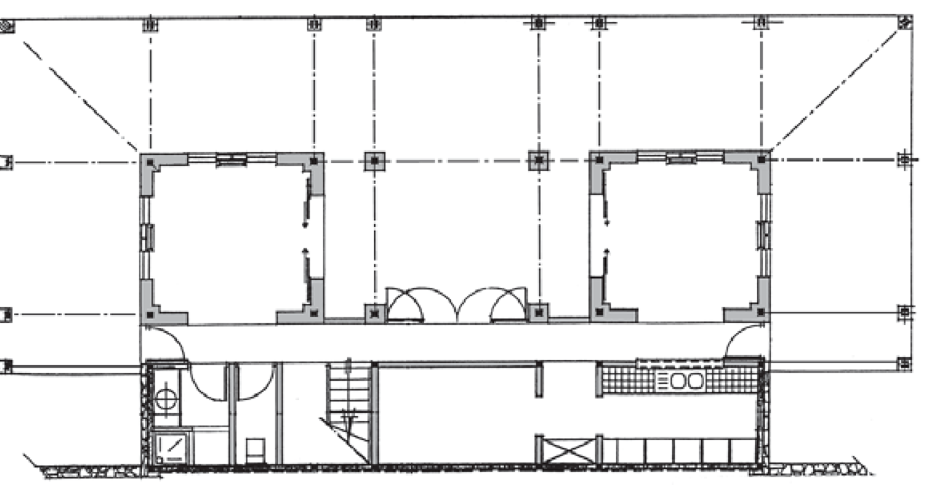


LOGEMENT LOCATIF:
T4 Etage. Réalisation SIM, 1986
Le principal corps de bâtiment est en maçonnerie de 29,5 sur deux étages. Le renfort en B.A. est coulé dans l'épaisseur du mur. Un bloc cellier indépendant en maçonnerie de 14 cm ne supportant pas d'étage permet de créer un espace d'entrée qui présente un détail d'angle intéressant visible sur la photo.



LOGEMENT LOCATIF :
Case T9. Mamoudzou. 1993
Conception et réalisation SIM.

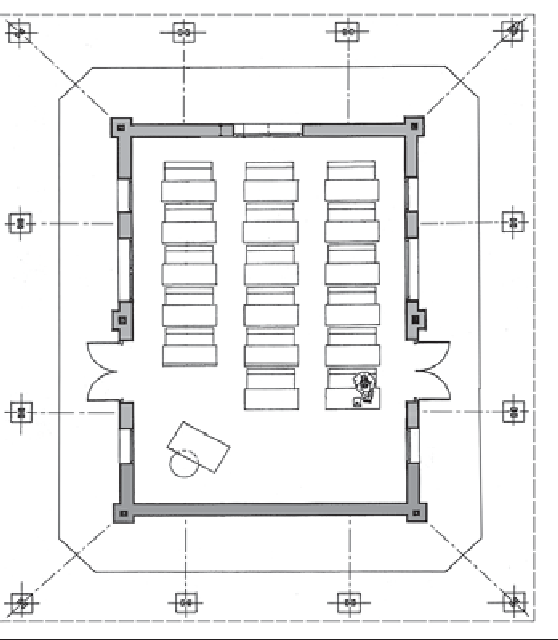
Ce bâtiment a été réalisé en maçonnerie de BTC de 29,5 cm d'épaisseur au RDC et de 14 cm à l'étage avec des tirants en B.A. coulés dans des réservations en contreforts. Ce système de chaînage vertical permet d'obtenir une maçonnerie harpée porteuse tout en apportant une solution technique aux contraintes cycloniques et sismiques.
On remarque la conception tramée de ce bâtiment, ainsi que l'aspect esthétique réussi d'une maçonnerie harpée.



BATIMENTS PUBLICS : Ecole primaire en brique. 1986
Architectes: Dautheville M., Hennion B. Réalisation D.E.

Ce modèle 86-87 d'école primaire est construit en maçonnerie de BTC avec des tirants coulés dans des contreforts assurant l'ancrage de la toiture au droit de la ferme à l'axe transversal du bâtiment. Les pignons sont protégés par un bardage de bois, et un solin, en partie basse du pignon, permet d'assurer l'étanchéité de la liaison avec la couverture de la varangue périphérique.

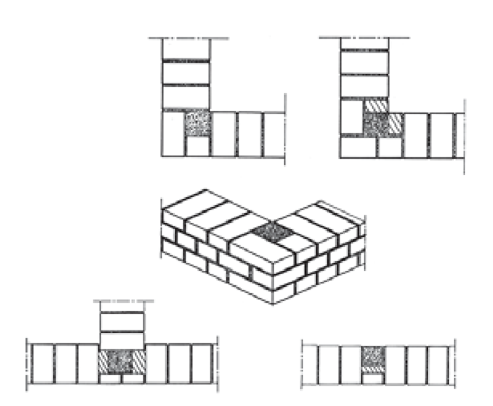




LOGEMENT LOCATIF :
Les jardins du collège. Mamoudzou. 1993
Conception AROM et maîtrise d'ouvrage SIM.
Consultance de CRATerre.

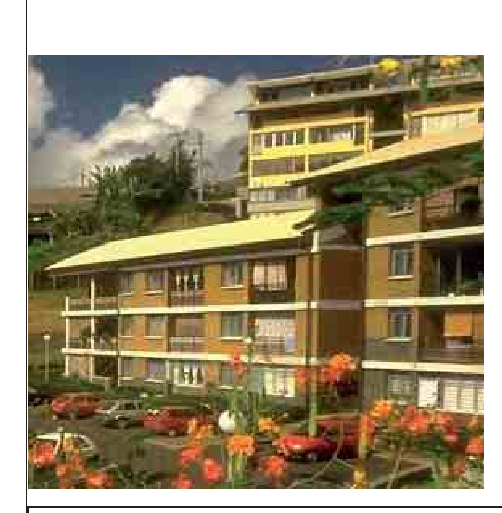
26 logements I.L.M. C'est le premier logement collectif réalisé en maçonnerie porteuse de BTC de 29,5 cm d'épaisseur à Mayotte.
La mise en œuvre a été effectuée par une importante entreprise de gros œuvre qui s'est aussi occupée de la fabrication des 10 500 blocs nécessaires au projet.
Les BTC de 30 bars de résistance sont mis en oeuvre avec un mortier de sable, et la maçonnerie est lazurée en finition extérieure. Ce bâtiment a subi le tremblement de terre lors de sa construction en1993; Aucune pathologie particulière n'a été relevée.

2615 m2 SHOB. 4561 Francs/m2
Coût du gros oeuvre: 6 802 741 F
Coût de la maçonnerie de BTC en 29,5 cm d'épaisseur (int. et ext.): 550 F / m2

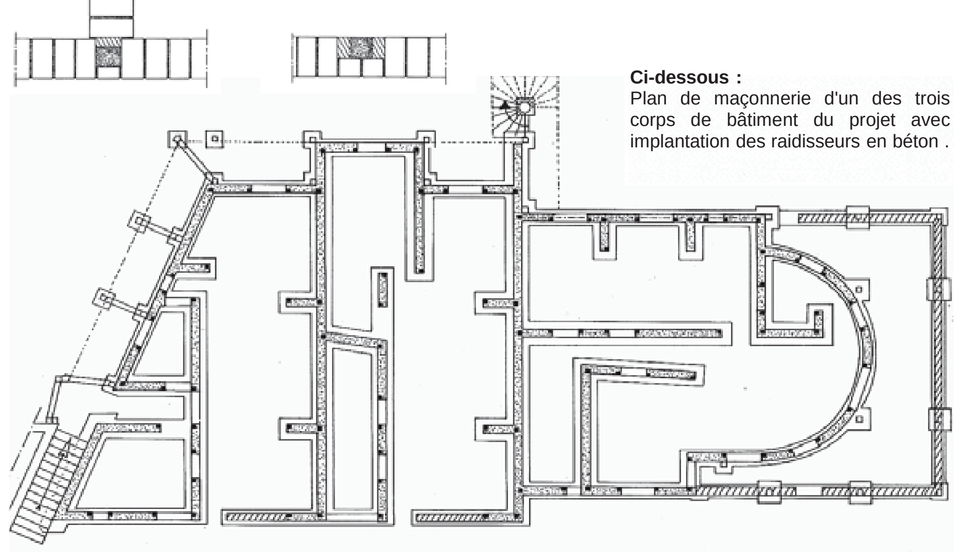


Caractéristiques de la structure :
- bâtiment R+2 maximum pour un ouvrage en BTC avec murs porteurs de 29,5 cm d'épaisseur. R+3 avec RDC en béton.
- Raidisseurs en béton armé réalisés après l'exécution de la maçonnerie au droit de toutes les baies, à tous les angles et tous les 3 m dans un pan de mur continu.
- Disposition en "peigne" des murs de refend. Les contreforts d'une longueur d'au moins 1,10 m participent au contreventement de l'ouvrage. Ils sont limités par des éléments verticaux armés et ne comportent aucune ouverture.

Ci-contre :
Détails des différents appareillages. Les raidisseurs sont coulés dans l'épaisseur de la maçonnerie harpée ou masqués par les cadres de menuiseries. Ainsi, ils ne sont pas visibles de l'extérieur du bâtiment.



Ci-dessous :
Plan de maçonnerie d'un des trois corps de bâtiment du projet avec implantation des raidisseurs en béton .



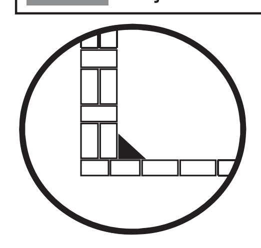
BUREAUX et LOGEMENTS :
Place Mariage, Mamoudzou. 1998
Architecte Hennion B.
Maîtrise d'ouvrage: SIM

Cet ouvrage en chantier présente un système mixte d'une maçonnerie porteuse avec raidisseurs en béton armé associée à des éléments porteurs en béton armé (poteaux, voiles et dalles).
Les raidisseurs sont placés aux extrémités des murs, mais sont chaque fois dissimulés derrière les cadres des menuiseries ou un retour de la maçonnerie.





3.3 CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE PORTEUSE CHAINEE HORIZONTALEMENT
MAÇONNERIE MIXTE : MURS de 29,5 cm ET MURS de 14 cm HARPES AVEC TIRANT en B.A. en ANGLE



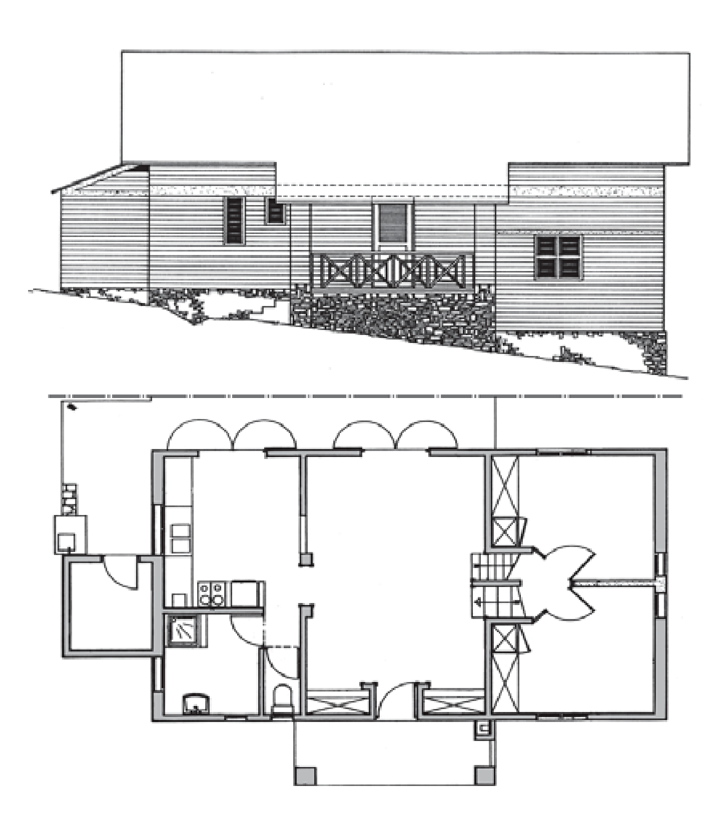
Il est à noter qu'outre les problèmes de tassements différentiels, la construction en murs de différentes épaisseurs, donc de masses inégales, expose le bâtiment aux tensions de rotation ou de cisaillement qui peuvent être amplifiées dans un tremblement de terre.
Mis en œuvre à partir de 1985, le tirant d'angle en béton armé assure l'ancrage de la toiture et joue également le rôle de raidisseur en renforçant le harpage des murs de différentes épaisseurs aux angles du bâtiment.
Seuls quelques modèles ont été construits selon ce système constructif jusqu'en 1989 ; ils sont inspirés de modèles précédents en maçonnerie mixte sans raidisseur. Réf. Fiche 2.3.

LOGEMENT LOCATIF :
Modèle T4 pente - 1986.
Conception et réalisation SIM.

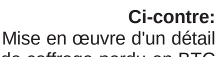
Les murs pignons extérieurs plus élancés et exposés sont en maçonnerie de 29,5 cm d'épaisseur alors que les murs de refends intérieurs et les murs de façades sont en murs de 14 cm d'épaisseur.
Le bâtiment de forme simple, une évolution du modèle T4B, ne relève pas de décalage de niveau en toiture. Cette disposition reflète une meilleure conception qui permet de chaîner le haut du mur de façon continue et d'éliminer le raccord d'une toiture le long d'un mur qui nécessiterait un détail de solin soigné.



Le bâtiment s'adapte au terrain avec un demi-niveau et un étage sur la partie basse dans la pente. Les ouvertures sur le pignon sont rassemblées en milieu de mur; les chaînages horizontaux en béton armé forment linteaux et appuis de baie. Les allèges indépendantes sont traitées en remplissage de briques cuites.
Ce traitement en façade scinde la maçonnerie du mur pignon en deux pans symétriques de faible longueur (moins des 4 à 5 m acceptables pour la maçonnerie de BTC) et indépendants des ouvertures; l'ensemble est lié par des chaînages horizontaux qui assurent une bonne transmission des efforts et permet de constituer une structure de maçonnerie fortement organisée.



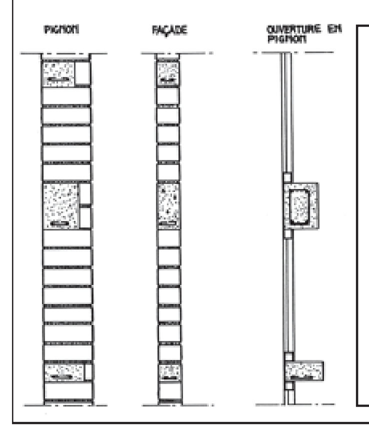
A gauche:
Modèle T4 pente. 1986.
Conception et réalisation SIM.
Plan et Façade



Ci-contre:
Mise en œuvre d'un détail de coffrage perdu en BTC sur un mur de 14 cm d'épaisseur.

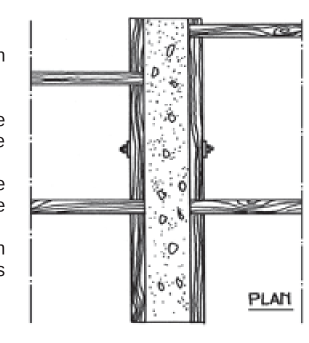


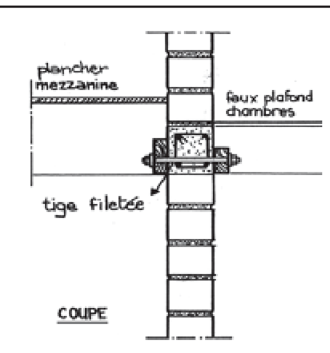
Ci-dessous :
Détails des chaînages du modèle T4 pente 1986.
Pour les murs dont l'épaisseur correspond à un bloc plein, le chaînage en B.A. peut-être coulé en partie dans un coffrage perdu en BTC et laissé apparent en intérieur. Cette mesure permet de ne pas rompre l'homogénéité de la maçonnerie à l'extérieur et donc d'assurer l'étanchéité à la jonction de deux matériaux de comportement différent.



Ci-contre :
Détails d'ancrage de planchers dans un chaînage horizontal.

Les charges d'un plancher doivent être uniformément réparties et orientées vers le centre de gravité du mur porteur.
Un appui de plancher fixé dans le chaînage permet de retransmettre les charges de façon équilibrée dans le mur.
Le système d'ancrage de plancher sur un chaînage B.A. illustré ci-joint est toujours mis en œuvre aujourd'hui.



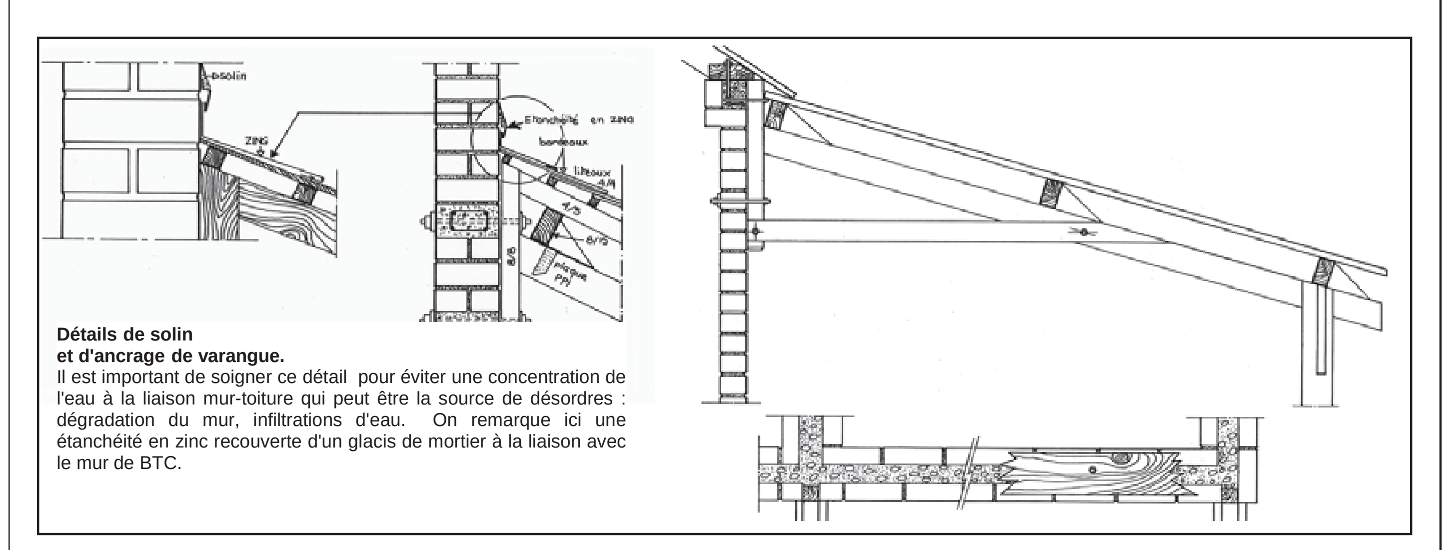




De larges varangues permettent d'étendre l'espace de vie sur l'extérieur. Toutefois, varangues et dépassées de toitures sont des dispositions très sensibles à l'effet d'arrachement dû au vent. Il est donc nécessaire d'être attentif à l'implantation et à l'orientation du bâtiment ainsi qu'à sa protection (coupe-vent, claustra...) et au renforcement de l'accrochage des toitures (tirants).



Ci-dessus:
Modèle T3 Pente - 1986.
On remarque que la partie haute du pignon est réalisée avec une fermette bois dont le traitement en bardage bois ajouré permet une aération confortable sous comble. Le pignon est également plus léger (élancement du mur moindre) et permet d'éviter un appareillage délicat.

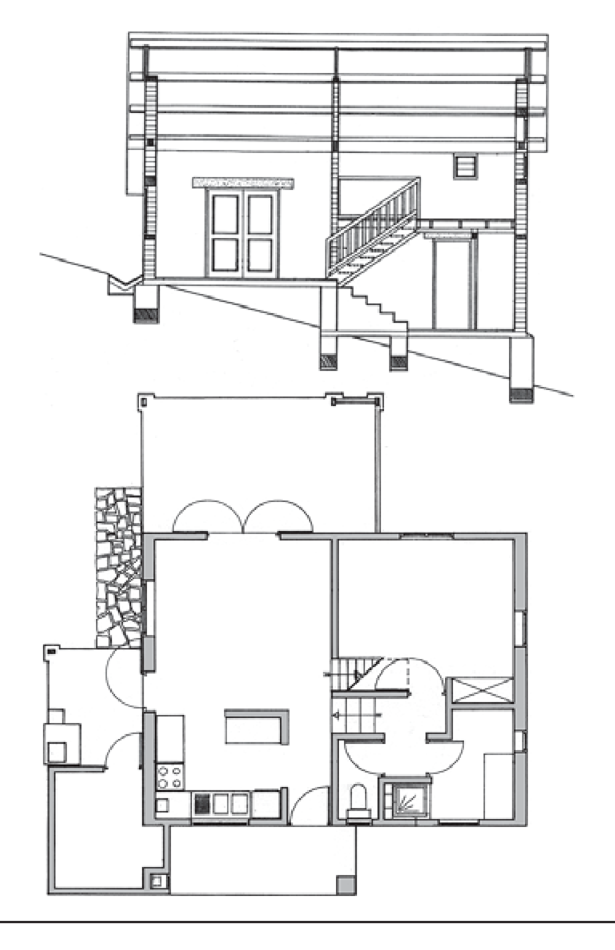


Détails de solin
et d'ancrage de varangue.
Il est important de soigner ce détail pour éviter une concentration de l'eau à la liaison mur-toiture qui peut être la source de désordres : dégradation du mur, infiltrations d'eau. On remarque ici une étanchéité en zinc recouverte d'un glacis de mortier à la liaison avec le mur de BTC.

LOGEMENT LOCATIF :

Modèle T3 pente - 1986. Conception et réalisation SIM.

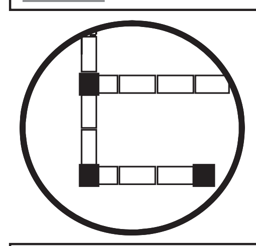




Les chaînages en béton armé jouent plusieurs rôles sur ce modèle : un premier chaînage partiel assure le franchissement en linteau des ouvertures du premier niveau et l'ancrage du plancher du deuxième niveau. Le deuxième, un chaînage périphérique haut, ceinture le bâtiment, assure l'ancrage de la panne sablière, et sert d'appui de baie à l'ouverture en haut du pignon.
Le tirant vertical coulé dans l'angle, renforce l'ancrage de la toiture en assurant une liaison du chaînage haut avec les murs d'angle et les fondations.

Quelques fissures de désolidarisation ont été relevées entre les différents volumes de maçonnerie à la jonction des murs du cellier au volume principal du bâtiment. Ces désordres peuvent être le fait de tassements différentiels ou de tensions de rotations induites par le séisme de 1993. Les formes de bâtiments simples et symétriques tant en plan qu'en élévations sont préférables face aux désordres structurels que peut occasionner un tremblement de terre.

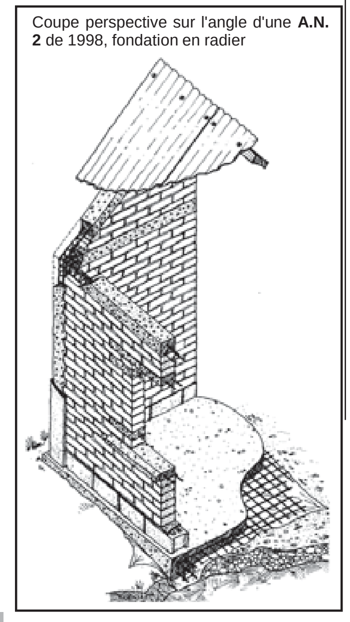
3.4 CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE PORTEUSE MINCE CHAINEE HORIZONTALEMENT
MURS PORTEURS DE 14 cm HARPES A L'ITALIENNE



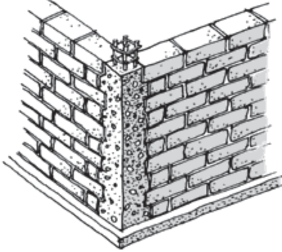
Cette technique permet d'associer à la maçonnerie des murs, des éléments verticaux continus (poteaux en béton armé) reliant les différents éléments horizontaux du bâtiment (fondations, chaînage, dalle, charpente). Ces éléments qui travaillent bien en traction, reprennent certains efforts pouvant s'exercer sur le bâtiment comme la poussée des vents (problème d'arrachement lié au phénomène cyclonique) , et assure une bonne garantie face au risque sismique.

Des poteaux en béton armé sont coulés en angle ou en bout de mur après mise en oeuvre de la maçonnerie BTC qui assure une partie du coffrage. Le raidisseur assure alors le harpage des panneaux de mur. Cette technique, relativement simple à mettre en œuvre puisque l'utilisation des coffrages est limitée, pose cependant des problèmes de stabilité des maçonneries lors de la construction (les panneaux de mur, très élancés, ne sont pas liés entre eux avant la réalisation du harpage par les poteaux en béton). De plus, la grande rigidité de la liaison béton-maçonnerie de terre associée à la différence de comportement des deux matériaux (module de déformation différent) demande une réalisation particulièrement soignée de la maçonnerie, sans quoi le risque de fissuration des maçonneries est important *(dans des cas où les matériau ou la mise en oeuvre sont d'une qualité médiocre ou aléatoire, on préférera l'utilisation de mortier de sable/ciment).*

Coupe perspective sur l'angle d'une **A.N. 2** de 1998, fondation en radier



La maçonnerie en murs de BTC harpés à l'italienne est apparue dans les projets d'habitat locatif de la SIM vers 1991, elle permettait alors de simplifier l'ancrage et la reprise des appuis des éléments de charpente. Quand les professionnels ont pris l'habitude de se référer aux règles PSMI, les raidisseurs en B.A. sont apparus systématiquement à tous les angles de la maçonnerie, en encadrement de baies, et tous les 3 m dans les panneaux de murs continus. Rappelons cependant le DTU maçonnerie 20.1:***"...cette solution (...) peut entrainer une mise en charge des maçonneries de remplissage et doit faire l'objet d'une étude particulière, tenant compte à la fois de la nature du matériau et des contraintes de l'ossature".***



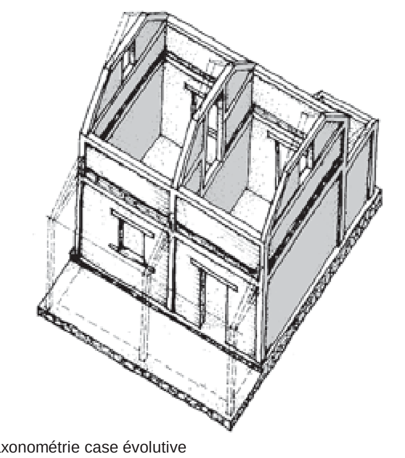
Harpage "à l'italienne", PRINCIPE

LOGEMENT SOCIAL, modèles courants :
AIDE EN NATURE, A.N. 2 Modèle 1997

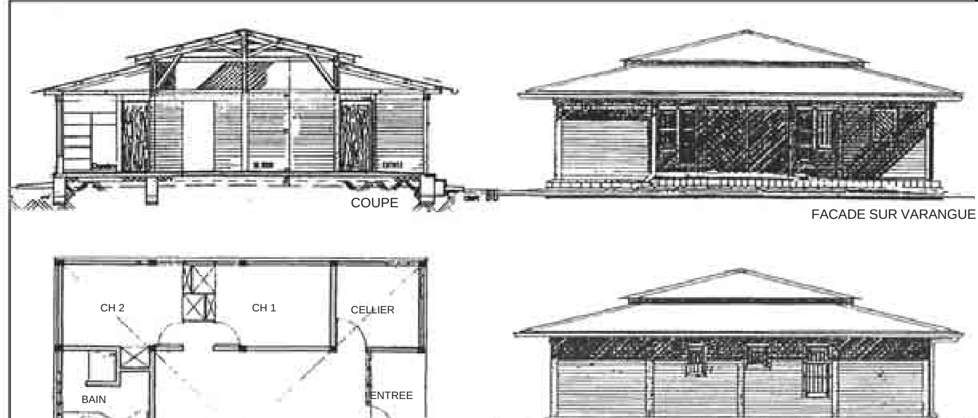


L'A.N. 2 de 1997 reprend les dimensions des modèles précédents (83-86), elle est systématiquement construite avec varangue et sanitaires. La peinture s'est également généralisée à partir de 1992 ; outre "l'identification" de la case choisie par l'attributaire elle offre un produit "fini" mieux approprié.
Le système constructif est intéressant puisqu'il permet, sans être modifié, de réaliser la **CASE EVOLUTIVE**.(photo ci-dessous).
C'est une A.N. 2 surélevée qui offre la possibilité d'un agrandissement rapide et économique par la réalisation d'un plancher à l'étage. Des parpaings spéciaux maçonnés au-dessus du chaînage facilitent cette évolution. Ils disposent de réservations pour un solivage, des poutrelles ou une dalle. Mais celles-ci sont probablement un point faible dans la structure verticale du mur.
Le projet permet également des extensions en plan par l'ajout de pièces supplémentaires autour du module de base.
Coût 1998 : environ 110 000 FF





axonométrie case évolutive







Cette réalisation est un développement de la case T3 briqueterie (fiche 3.1.B), les distributions sont modifiées ainsi que la trame (2,5 mX2,5 m) mais les principes généraux sont maintenus (protections des abords, panneaux BTC courts, etc.).
Les poteaux béton ont été exécutés harpés à l'italienne en angle et au droit des éléments de structure du toit.
Les modèles se sont bien comportés dans l'ensemble. On relève cependant quelques fissures en angle haut ou de désolidarisation entre les poteaux B.A. et la maçonnerie BTC, symptomatique de la différence de comportement des deux matériaux.



PASSAMAINTY, conception et réalisation SIM
logement locatif proche du modèle case évolutive urbaine de l'habitat social.



LES BOUGAINVILLIERS, conception AMA, réalisation SIM construction en R+1 de logements locatifs. Le concept étant de proposer un logement intermédiaire entre social haut de gamme et locatif économique



T3 pente, conception et réalisation SIM - 1992
Le modèle est adapté à la pente avec sa varangue sur pilotis. L'entrée s'effectue par le niveau bas de la construction. Les chaînages verticaux en béton, nombreux, complexifient la lisibilité structurelle de la construction. Quels sont les éléments porteurs?

QUELQUES EXEMPLES DE LOCATIFS construits selon ce principe

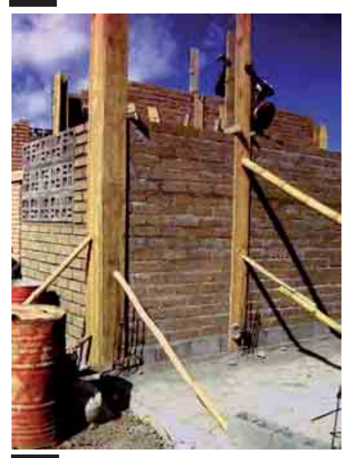
ETAPES de REALISATION d'une MACONNERIE HARPEE à "L'ITALIENNE"

1 REALISATION DES PANNEAUX DE MUR



Les murs en BTC ne sont pas harpés. Des fers en attente, liés à la fondation, permettront la reprise des raidisseurs verticaux en béton aux angles, aux intersections et en bouts de murs.
La composition des mortiers et la mise en œuvre des BTC doivent être parfaitement réalisées (trempage du bloc, dosage juste du mortier, etc.) sous peine d'apparition de désordres dans la maçonnerie.

2 COFFRAGE ET MISE EN ŒUVRE DES BETONS



La réalisation des raidisseurs au fur et à mesure de la progression de la maçonnerie en BTC (1,50 m environ) est recommandée. Elle permet de stabiliser le mur. Il est ainsi possible d'éviter tout phénomène de flambement dû à l'élancement trop important du mur.
L'enrobage des fers doit être correctement effectué (3 à 4 cm), les fers affleurants rouillent et entraînent la dégradation rapide des bétons.

3 DECOFFRAGE & FINITIONS, aspect du mur après décoffrage



L'étanchéité des coffrages doit être soignée afin de ne pas endommager le travail de finitions précédemment réalisé. On évitera également de traverser des murs en BTC pour étayer lors du coffrage des bétons ; on limite ainsi la création de points de faiblesse dans la maçonnerie.

QUELQUES EXEMPLES DE LOGEMENTS SOCIAUX construits selon ce principe

La maitrise de la mise en oeuvre par les artisans des systèmes constructifs utilisés depuis maintenant 20 ans ont permis de faire évoluer le logement social traditionnel. Il a été ainsi possible de construire en étage et d'expérimenter de nouveaux modèles.



EXPERIMENTATION A TSINGONI
photo ci-contre
LOGEMENT + POSSIBILITE de COMMERCE en rez-de-chaussée, réalisation SIM
Ce modèle développé autour de la problématique du logement social urbain est adapté au mode de vie mahorais et à sa mutation en milieu urbain densifié : parcelle de petite dimension et organisation des façades sur rue.



EXPERIMENTATION A M'TSAPERE : conception Mayotte Architecture, réalisation SIM

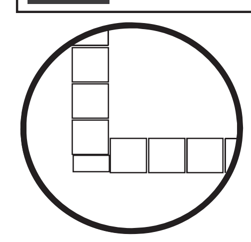


Une des réponses au concours sur des nouveaux modèles de logements sociaux "urbains" .
Outre l'adaptation de la case à la densification urbaine, le programme était axé sur les capacités d'évolution du logement et sur une contrainte économique très forte (120 000 FF par case).



CASE EVOLUTIVE URBAINE, réalisation SIM
Ce modèle est dérivé de la case évolutive, il permet de ménager, par le décalage des volumes, des espaces d'extensions adaptés à des parcelles "urbaines" de petites dimensions (sur la photo : une extension est réalisée sur le deuxième modèle en partant de la droite).

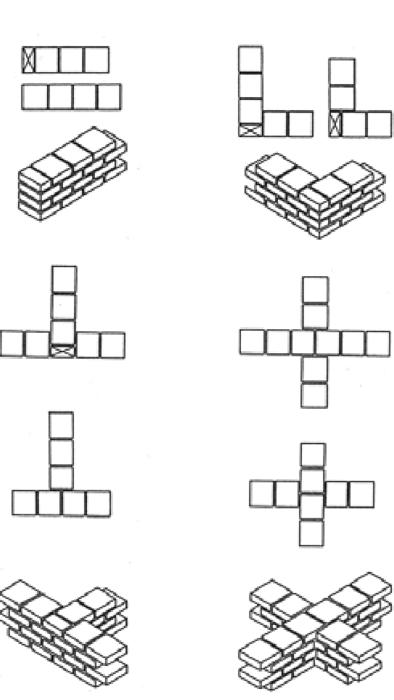
MURS DE 22 cm ; PORTEURS, CHAINES HORIZONTALEMENT, VERTICALEMENT OU EN REMPLISSAGE



L'utilisation du bloc de 22 x 22 cm introduit à Mayotte en 1997 se justifie face aux problèmes techniques rencontrés avec la consultation des bureaux de contrôle. Ces derniers se référant au DTU maçonnerie 20.1 relatif à la Métropole disqualifient l'utilisation du mur de 14 cm d'épaisseur en BTC pour des considérations d'étanchéité en inadéquation avec la spécificité du climat mahorais.
Cette technique est intéressante dans le contexte actuel auquel font face les constructeurs à Mayotte et plus avantageuse que la construction en maçonnerie d'épaisseur 29,5 : lourde et plus chère à mettre en œuvre, consommatrice de matières premières et d'espace dans le plan.

APPAREILLAGE :

Voici quelques exemples d'appareillages pour des murs dont l'épaisseur correspond à un bloc plein. Les appareillages emploient le bloc plein et le bloc demi .
Ci-contre:
Appareillages en bout de mur, à l'angle de mur et au croisement de murs en "X" utilisant le bloc carré et son bloc demi.



INCORPORATION DES RESEAUX TECHNIQUES :
Il est important d'aborder la distribution des réseaux techniques dès la conception.
Quelques règles sont à suivre :
Il faut éviter toute incorporation de réseau de plomberie dans les murs et les saignées pour placer les câblages d'électricité (celles-ci sont à proscrire totalement dans la maçonnerie en BTC de 14 cm. d'épaisseur).
Dans le cas de réseaux trop importants, il devient nécessaire de prévoir des gaines techniques.Les réseaux peuvent donc être, soit apparents, soit intégrés dans le mur.
Des blocs spéciaux à évidement permettent le passage vertical des réseaux, mais on peut également profiter des cadres de menuiserie ou des chaînages verticaux.

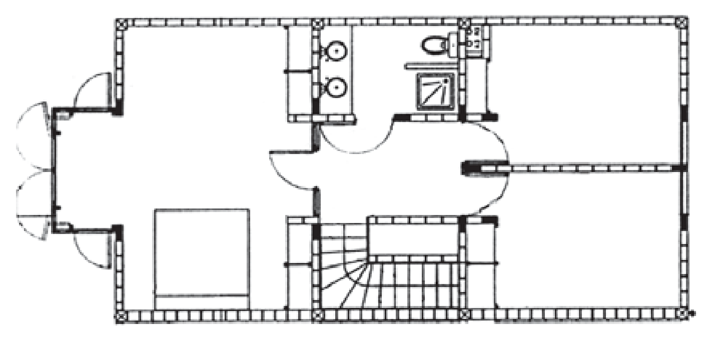


Ci-dessus : Mise en œuvre d'un mur en BTC de 22 x 22 avec passage des gaines électriques. Chaque BTC est taillé en l'absence de blocs avec réservation spécialement conçue pour ce détail.

REMPLISSAGE D'UNE OSSATURE EN BETON ARME AVEC UNE MAÇONNERIE DE BLOCS DE 22 x 22 cm.

COMMERCES + LOGEMENTS : Place Mariage, Zone 2. 1998
Maître d'ouvrage: SIM. Maître d'œuvre: T. Germe, architecte.

Le projet comporte quatre bâtiments R+2 de trois logements chacun.
La conception d'origine prévoyait un système mixte de poteaux et dalles en béton armé avec un remplissage des palées des murs de refend en blocs de 22 cm et un remplissage des murs de façades et pignons en blocs de 14 cm. La dalle de béton devait être coulée sur la maçonnerie qui était ainsi porteuse. Le cloisonnement intérieur est réalisé avec une maçonnerie harpée en BTC de simple épaisseur. La maçonnerie de 22 cm, associée aux trumeaux de 14 cm, assure le contreventement de l'ouvrage et l'isolation phonique entre les logements.
L'entreprise de construction, pour des raisons de délais et de fonctionnement a opté pour la réalisation d'abord d'une ossature en béton armé avec ensuite un remplissage en maçonnerie. Ce changement de mise en œuvre ne prenait pas en compte la stabilité des remplissages. Ceci associé à une mise en œuvre médiocre de l'ossature a engendré des problèmes de stabilité des palées de maçonnerie élancées (2,90 m de hauteur), non chargées et mal liaisonnées à l'ossature. La plupart des murs de façades et les murs pignons ont dû être reconstruits en maçonnerie de 22 cm. Les liaisons avec l'ossature sont assurées par des pattes métalliques spittées sur l'ossature et noyées tous les 3 à 4 rangs de BTC dans les lits de mortier.



Ci-dessus :
Plan d'un des 3 logements d'un bâtiment de Place Mariage.
On remarque le soin apporté au calepinage de la maçonnerie dès la conception. Un soin non repris par l'entreprise de gros œuvre qui a préféré adapter les cotes du plan de l'ouvrage au calepinage de ses coffrages béton.
Ci-dessous :
Vues du chantier en construction.

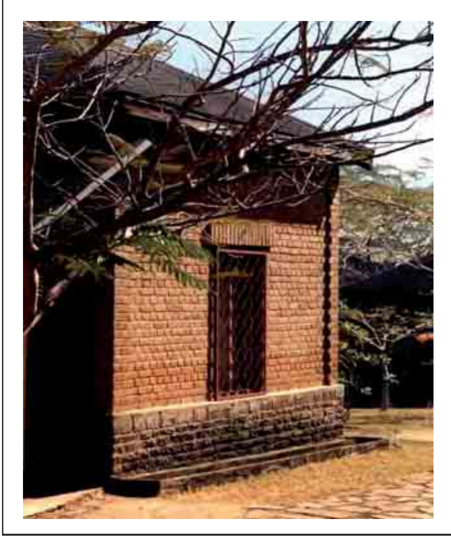




MURS PORTEURS DE 22 cm HARPE AVEC RAIDISSEUR VERTICAL

BATIMENT PUBLIC :
Collège de Tsimkoura, bâtiments administratifs. 1985
Conception: Atelier Mahorais d'Architecture
Ces bâtiments utilisent de la brique de terre comprimée 22 x 10.5 x 6 cm en mur de 22 cm d'épaisseur avec raidisseurs de mortier armé mis en œuvre dans des réservations en contrefort.
Illustrations :
On remarque les linteaux droits en briques posées debout, la modénature soignée des contreforts en angles, et la qualité esthétique de la maçonnerie qui n'a pourtant reçue aucun entretien.







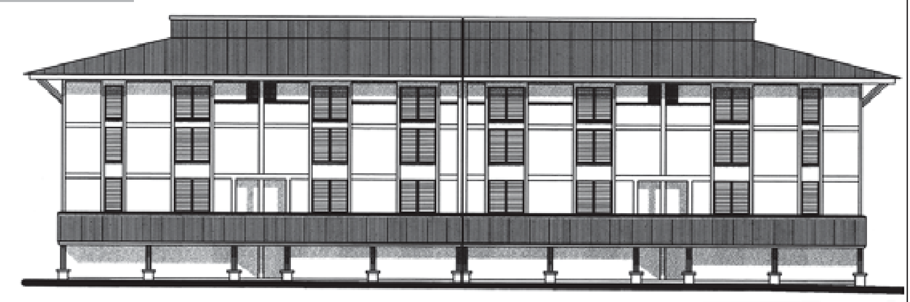
MURS PORTEURS DE 22 cm AVEC RAIDISSEUR VERTICAL

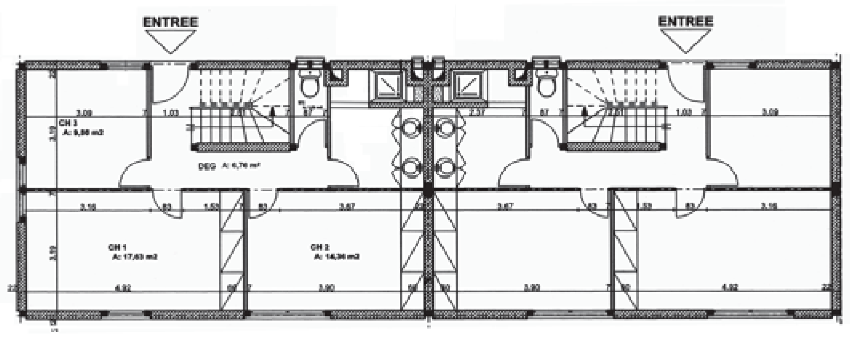
COMMERCES + LOGEMENTS :
Briqueterie de Cavani . 1998
Conception et réalisation SIM.

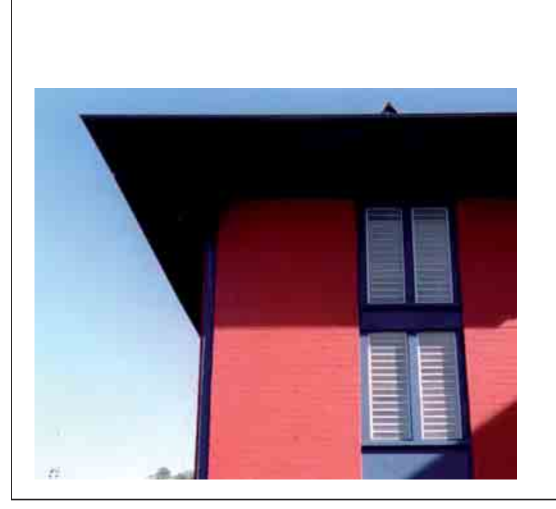
Il s'agissait, pour ce projet de retrouver et rendre visible la possibilité porteuse du BTC. C'est à la suite d'une réflexion avec CRATerre, que le choix du système constructif s'est orienté vers une maçonnerie porteuse en blocs carrés de 22 cm.

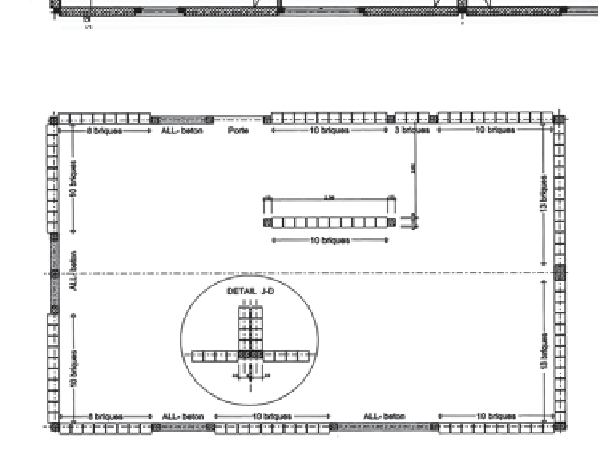
L'ouvrage a été conçu en collaboration avec l'organisme de contrôle Socotec. Le bureau de la cellule qualité de la SIM a assuré la mise en place de la production du nouveau bloc avec des critères d'aspect et de résistance (60 bars) constants. Une entreprise a été sélectionnée pour assurer une bonne mise en oeuvre.

Cette construction parasismique est de conception et de structure simple : les murs trumeaux porteurs sont limités par des raidisseurs en béton armé coulés avant la maçonnerie.
Les dalles porteuses en béton armé de 20 cm d'épaisseur coulées sur la maçonnerie ont demandé l'utilisation de cloisons legères à l'intérieur pour des raisons de contraintes de charges.





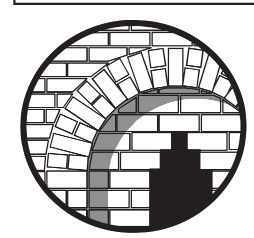




Ci-dessus :
Façade, Plan R+2,
Ci-contre :
Plan de Calepinage

On remarque la conception simple, mais rigoureusement tramée de ce bâtiment. Le projet a été dessiné dans le détail par le bureau conception de la SIM.

FRANCHISSEMENTS ET STRUCTURES EN MAÇONNERIE : ARCS, VOÛTES ET COUPOLES



De nombreux exemples de franchissements en arcs, voûtes ou coupoles ont été réalisés à Mayotte. Le BTC se prête bien à la construction de ce type d'ouvrage qui permet d'utiliser la bonne capacité de travail en compression du matériau. A une certaine époque, cette solution constructive offrait l'avantage, outre celui d'une esthétique forte, de ne pas utiliser de matériaux importés, de mauvaise qualité ou même absents de l'île (béton ou bois par exemple), donc d'être économiquement pertinente dans le contexte local mahorais.

Elle offrait également une alternative de construction qui pouvait alors limiter l'utilisation "sauvage" du sable de plage dans la fabrication des bétons, ce qui mettait alors en péril l'équilibre écologique du lagon.

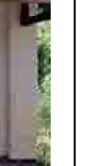
ENCORBELLEMENT

Cette solution de franchissement, bâti par des porte-à-faux successifs, convient bien à de petites ouvertures; elle évite le recours à un linteau droit.



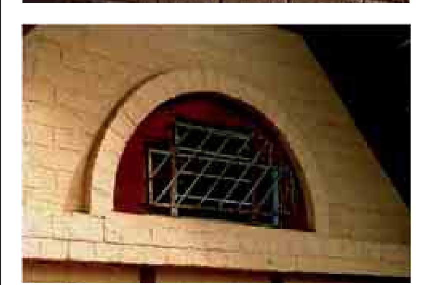
L'utilisation aujourd'hui des arcs est malheureusement plus décorative que structurelle

REALISATION en ARC (surbaissé, plein-cintre)











ARCS : MISE EN ŒUVRE, LOGEMENT SOCIAL: Case 5 m, chantier de M'GOMBANI - 1998 - réalisation SIM

COFFRAGE DE L'ARC, plein cintre, après réalisation des piliers maçonnés. Réglage de l'aplomb et du niveau. L'appareillage exact de l'arc peut être indiqué sur le coffrage, il permet de centrer la clef et évite la découpe des blocs.



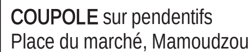
MISE EN ŒUVRE de L'ARC, les blocs sont ici calés et appareillés à sec sur l'ensemble de l'arc, le mortier est ensuite bourré dans les joints. On obtient ainsi des joints réguliers et une bonne finition de l'intrados.



DECOFFRAGE ET FINITIONS. Le décoffrage doit être effectué rapidement de façon à ce que l'arc effectue son tassement. On aura pris soin de maçonner au préalable les reins jusqu'au tiers de la hauteur de l'arc pour une plus grande stabilité.



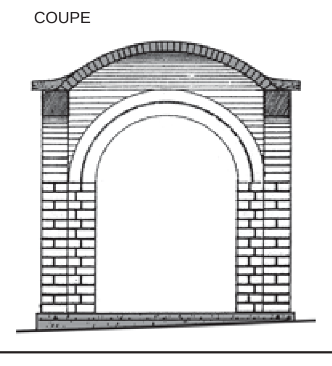
COUPOLE sur pendentifs
Place du marché, Mamoudzou



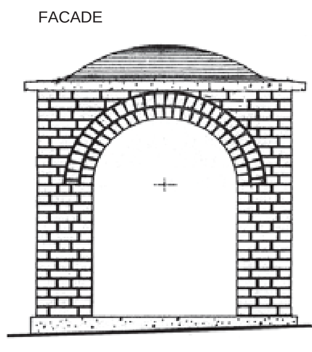
PLAN et INTRADO

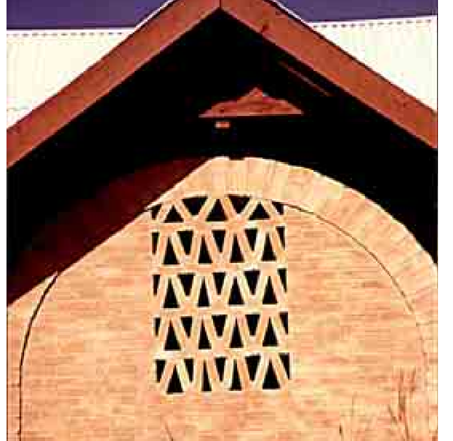


COUPE



FACADE

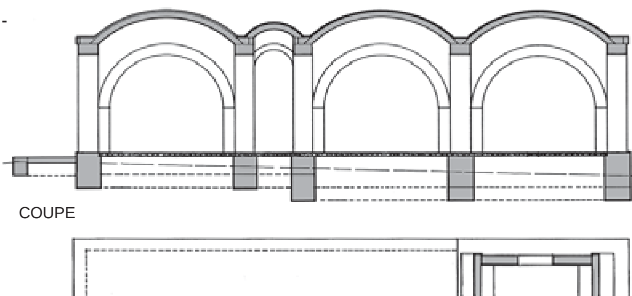




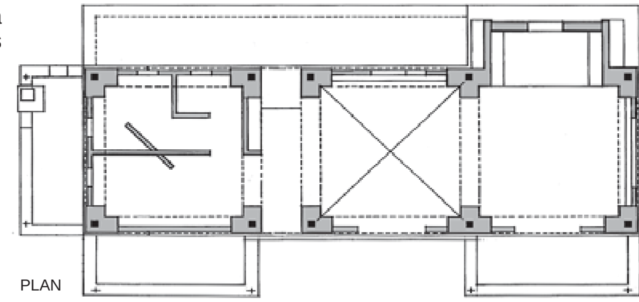
EXPERIMENTATION CASE DOME - 1984 - conception et réalisation SIM



Construction en arcs, voûtes et coupoles sur pendentifs (arc : 2,80m de portée).
Au-delà de l'expérimentation constructive, c'est l'intérêt formateur et la crédibilité du matériau qui étaient alors recherchés.
Des compagnons du tour de France ont encadré l'équipe des maçon pour la réalisation du bâtiment, d'où une très bonne qualité de mise en oeuvre.



COUPE

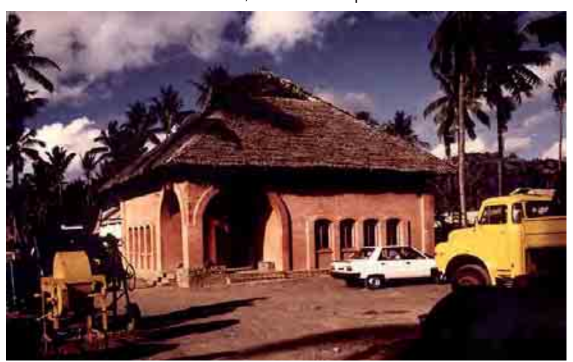


PLAN

BATIMENTS utilisant des **OSSATURES** en **MAÇONNERIE**
ECOLES, réalisation D.E. - 1982



Les LOCAUX de la MUSADA, 1984 - conception SIM



Les bâtiments ci-dessus comportent tout deux une partie en ossature de maçonnerie (piliers + arc) qui reçoit un remplissage BTC de 14 cm en panneaux d'allège. Les arcs de ces modèles sont d'ailleurs réalisés sur la même trame et avec les mêmes coffrages.
L'entrée de la Musada est surmontée d'une grande coupole sur pendentifs. La partie haute du bâtiment est réalisée en ossature bois.
Le système constructif des écoles est plus particulièrement décrit dans la fiche 2.2.

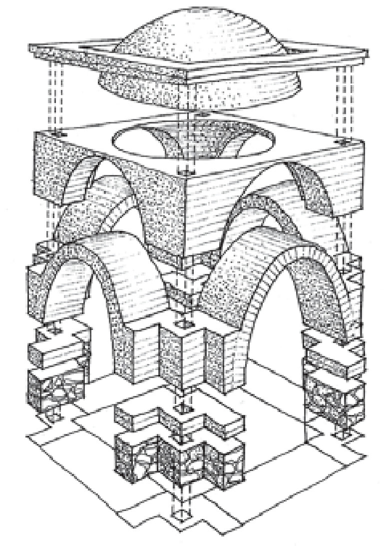
PENDENTIFS DE COUPOLE, EXEMPLES :





GENERALITE SUR LES ARCS, VOUTES ET COUPOLES
Pour garantir la stabilité de ces éléments, la forme doit s'approcher le plus possible du funiculaire des charges. Pour des charges uniformément réparties, la meilleure forme approche celle d'une chaînette suspendue. Ceci concerne les formes surbaissées autant que les formes surhaussées. La section idéale correspondant à une coupole est quelque peu différente et peut seulement être calculée graphiquement et mathématiquement. La combinaison de voûtes et de coupoles engendre des stabilités plus complexes mais permet des formes beaucoup plus libres.
Les structures et les franchissements en maçonnerie sont lourds, ils engendrent des poussées qui augmentent avec le surbaissement. Des dispositions doivent être prises pour assurer la stabilité de leur support : murs épais, contreforts, tirants ou chaînage.

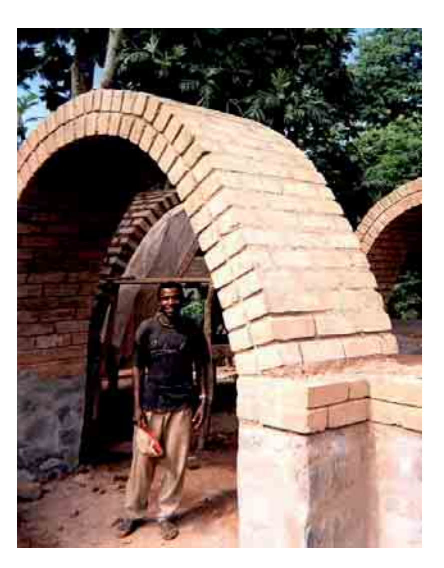
PHASE DE MISE EN ŒUVRE D'UNE COUPOLE, Lavoir à Tsoundzou, 1998 - réalisation SIM



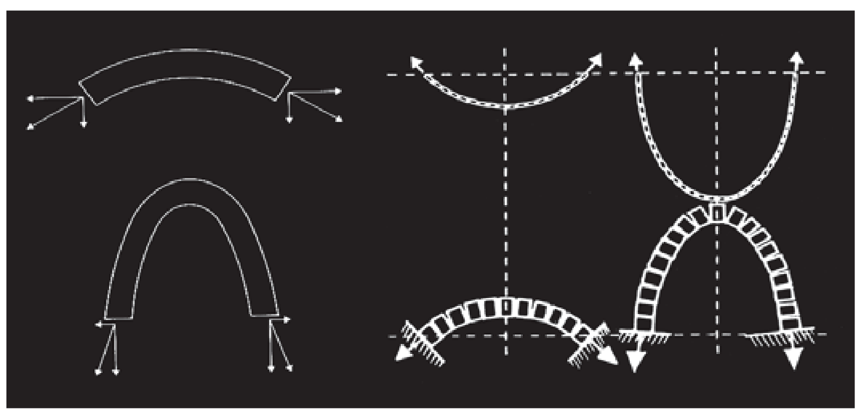


7 CHAINAGE HORIZONTAL et COURONNEMENT des MURS
6 COUPOLE
5 PENDENTIFS en encorbellement et MURS sur ARCS
4 ARCS en forme de chaînette et CONTREFORTS
3 ASSISE BRIQUES des ARCS
2 SOUBASSEMENTS PIERRES
1 FONDATIONS B.A.

Bacar Said Ali, le foundi maçon, fier de sa réalisation, n'a laissé à personne d'autre qu'à lui le soin de poser les briques du dôme.
Ce type de réalisation, bien que marginale, est très valorisante pour les artisans, elle témoigne d'un savoir-faire maîtrisé. De plus elle met en valeur les capacités constructives du matériau.
Le foundi, le chantier terminé, s'avoue prêt à recommencer sur des réalisations plus importantes et, déjà, rêve à de grands chantiers.



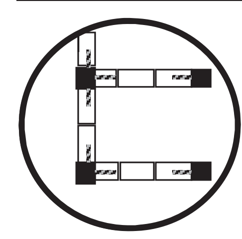




Les arcs surbaissés engendrent des poussées plus importantes que les arcs surhaussés.

Diverses formes de "chaînette".

MURS EN REMPLISSAGE D'UNE OSSATURE EN BETON ARME



La construction de bâtiments à ossature B.A. est réalisée avec des éléments de structures soit préfabriqués (poteaux, poutre, etc.) soit coulés sur place avant la réalisation de la maçonnerie. Cette technique offre de nombreuses solutions architecturales (espace tramé, plan libre, structure "parapluie", etc.). Elle permet de construire en étages avec des murs de 14 cm. Elle requiert cependant une technicité très importante en terme de qualité de mise en œuvre et d'équipements. Elle demande également une attention particulière lors de la conception sur le traitement de la liaison des deux matériaux, béton et BTC.



Panneaux de remplissage en cours de réalisation. Des cordeaux et des planchettes de bois tenues par des serre-joints permettent de régler l'aplomb et le niveau du mur lors du chantier. Cependant aucune disposition n'a été prise pour assurer la liaison et l'étanchéité entre le remplissage et l'ossature béton, l'apparition rapide de problèmes est ici inévitable

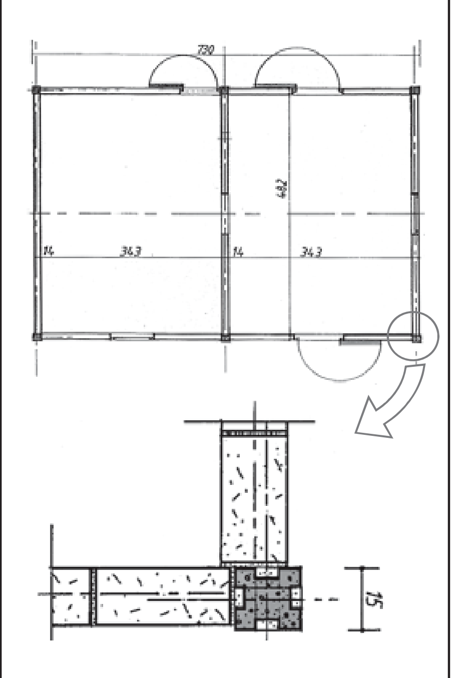
HABITAT SOCIAL : case POM - 1986 - réalisation SIM

Les poteaux porteurs de la structure sont des éléments préfabriqués en béton armé assemblés sur le chantier. La SIM livre cette structure "parapluie" construite ; l'allocataire devant réaliser les finitions, principalement le remplissage, avec les matériaux de son choix, pour fermer l'ossature. Les dimensions de l'ossature sont cependant réalisées en fonction d'un calepinage "brique".

Coût de la structure couverte en 1995 : 33000FF




CONSTRUCTION D'UNE OSSATURE ET REMPLISSAGE EN BTC DE 14 cm



Angle d'une case POM : on reconnaît la forme caractéristique du poteau. La gorge ménagée sur chacune de ses faces est remplie de mortier. Elle permet une liaison encastrée "souple" qui améliore la stabilité du panneau de remplissage et l'étanchéité à la jonction des éléments.



LOGEMENT LOCATIF: Modèle T4 C - Combani - 1993 - réalisation SIM

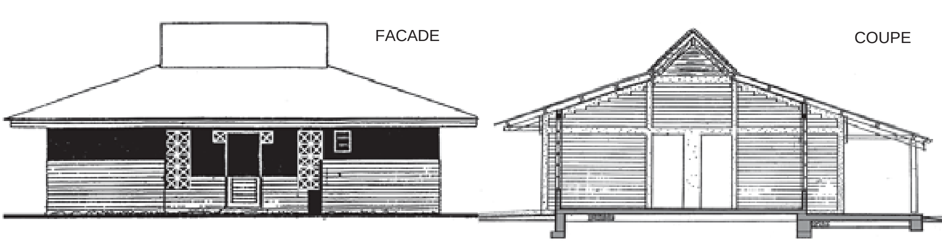
L'apparition des poteaux B.A. a permis de réaliser l'opération habitat locatif de Combani dans un contexte où les contraintes de délais étaient très fortes. Une partie des logements a été réalisée avec une ossature poteaux-poutres en béton armé de 22 x 22 coulé avant la mise en place de la maçonnerie.



Façade sur l'entrée

Cette alternative permettait de réaliser la charpente en même temps que la maçonnerie d'où un gain de temps important. Des précadres de menuiserie ont également été utilisés. Cette technique devrait être développée ultérieurement car elle apporte des réponses alternatives aux raidisseurs béton actuellement utilisés en encadrement de baies pour répondre à la contrainte sismique.

Coût 1993 : 3865 FF par m2



LOGEMENT SOCIAL, TSINGONI : conception AMA.

Des BTC et des éléments de pierre + béton sont utilisés en remplissage d'une structure B.A. préfabriquée reprenant le principe de la case POM.

Le remplissage assure le contreventement de la structure, la disposition en diagonale des éléments béton/pierre n'est pas seulement un élément de modénature, elle participe au renforcement des panneaux face aux efforts de traction ou de cisaillement pouvant apparaître sous l'action des mouvements de l'ossature.



Ci-dessous : COLLEGE de DZOUMOGNE, conception AMA.
Ossature B.A. et remplissage en BTC de plusieurs types : de 14 ou 29,5 cm, en épis, associés à des éléments béton-pierre préfabriqués.



Ci-dessous : COLLEGE DU CENTRE,
conception Mayotte Architecture
remplissage de l'ossature B.A. avec de la brique en panneaux d'allège.



Ci-dessous : LOGEMENT LOCATIF à ETAGES **: LES AGAVES** - 24 logements - Cavani -1994 - réalisation SIM
La réalisation de constructions à étage devient nécessaire au regard de la densification en zone urbaine, de la saturation de beaucoup de villages et des problèmes fonciers. L'Habitat collectif ou semi-collectif répond à ces contraintes.

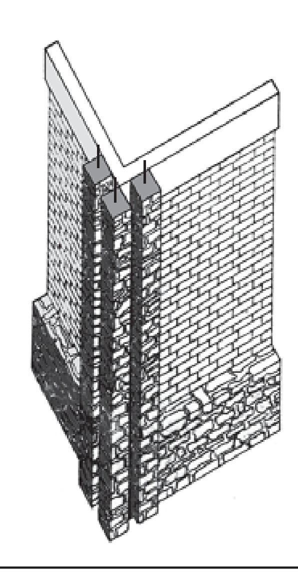


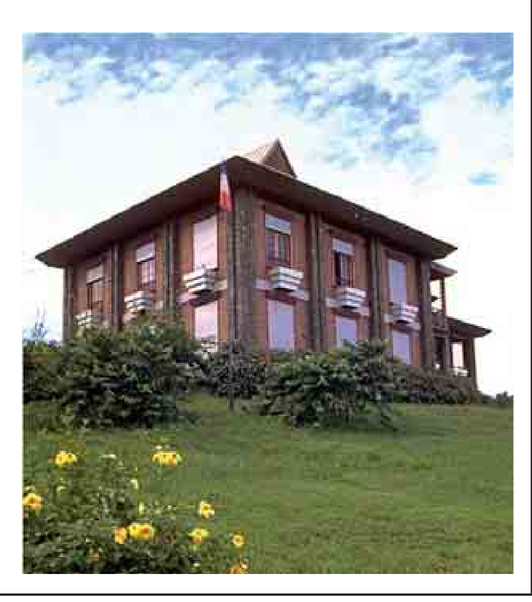


Ci-dessus : **LOGEMENT LOCATIF** à ETAGES : BATIMENT B, Tsoundzou - 1998 - réalisation SIM . Coût : 3 820 FF par m2
"Forêt de poteaux et de raidisseurs béton"
L'exitence d'un risque sismique faible (bien qu'aucun texte officiel ne classe Mayotte dans telle ou telle zone) a amené les conducteurs d'opérations à se référer aux règles PSMI et à avoir recours de plus en plus systématiquement à l'utilisation des raidisseurs en béton armé. Cette disposition complexifie la mise en œuvre et augmente le coût des ouvrages. De plus, elle ne va pas dans le sens d'une logique structurelle claire. Des solutions alternatives existent mais sont à développer : encadrement des baies en bois ou en métal mécaniquement continus aux angles, maçonnerie armée, etc.

BATIMENT PUBLIC : PREFECTURE DE MAYOTTE, conception AMA, 1985

Détail d'un poteau d'ossature en pierre porteuse chaînée en B.A. : logique d'un système de liaison "souple". Il est également intéressant de noter que dans ce bâtiment les baies sont réalisées avec des précadres bois.



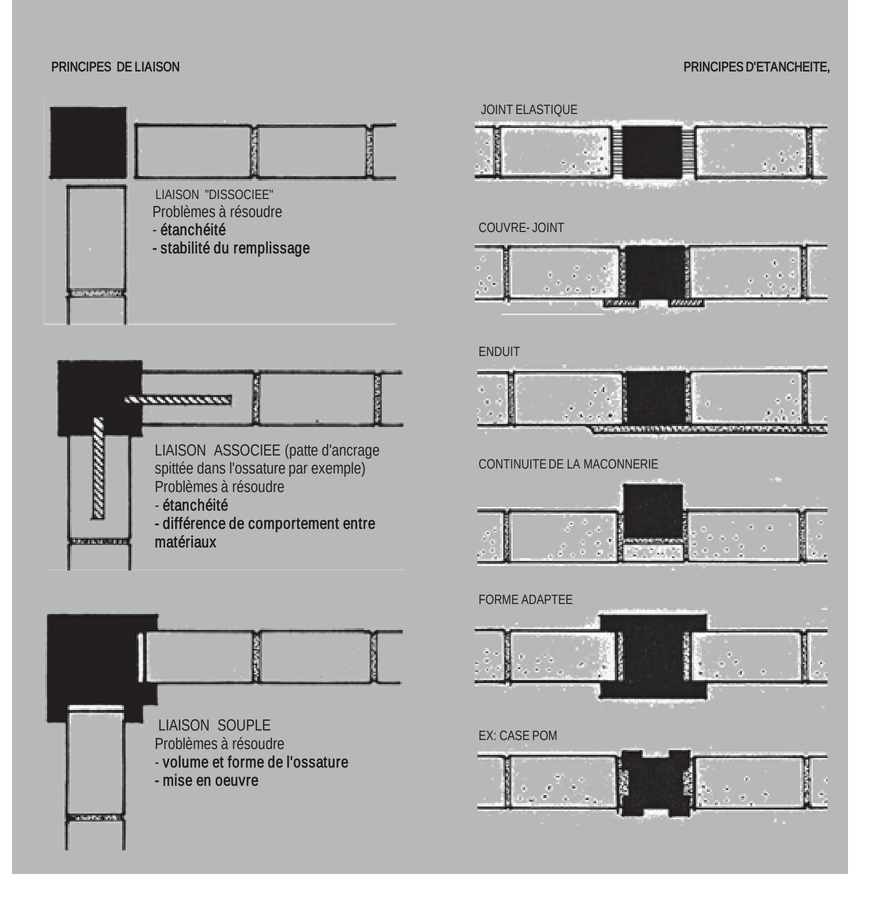


DETAILS DE LIAISON, RECOMMANDATIONS, ETANCHEITE

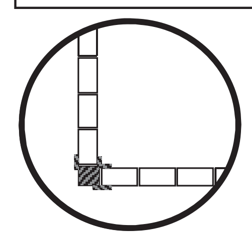
Dans ce type de systèmes constructifs une attention toute particulière doit être portée, lors de la conception sur trois points :
- la qualité du **système d'ossature** : **fondement, contreventement, et dimensionnement** en fonction des charges,
- la qualité de **la jonction entre remplissage et ossature** : **liaisonnement** des éléments (dissociés, associés ou "souples") et **étanchéité,**
- la qualité de **la maçonnerie de remplissage** : son **dimensionnement** (longueur, hauteur, surface), et sa **stabilité.**

Un élancement trop important des maçonneries non tenues en tête, des liaisons trop rigides entre le béton et la maçonnerie, des surfaces de panneaux de remplissage trop grandes peuvent être source de désordres dans les murs.

Des dispositions constructives particulières doivent être respectées, sous peine de soumettre les maçonneries à des efforts très importants, naissant sous l'effet des variations dimensionnelles différentielles des deux matériaux associés (retrait hydraulique, retraits ou dilatation thermique).



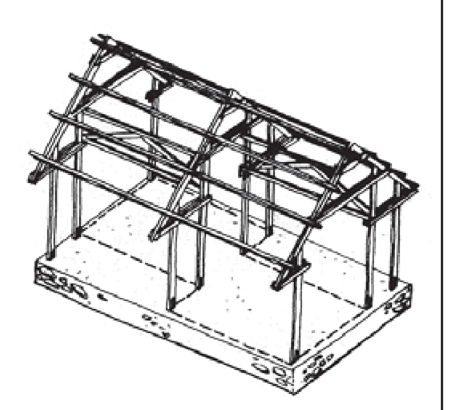
MURS EN REMPLISSAGE D'UNE OSSATURE BOIS

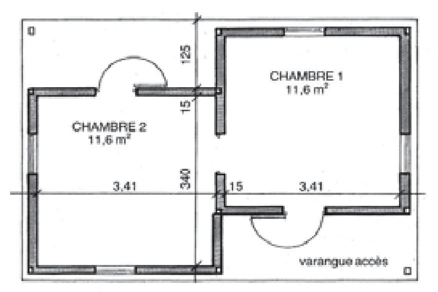


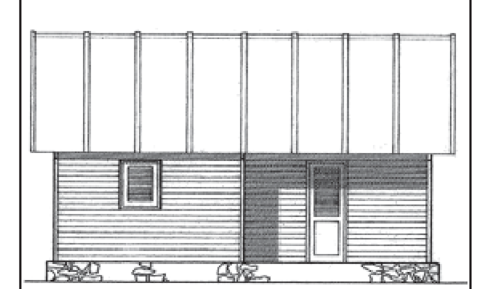
La construction en ossature bois et maçonnerie de remplissage a permis principalement la réalisation de bâtiments de un ou deux niveaux. Elle offre l'avantage d'une préfabrication plus ou moins importante de l'ossature, d'où une phase de chantier plus courte que dans un système traditionnel de construction en maçonnerie. Le comportement de ces ouvrages offre une bonne garantie face aux risques sismique et cyclonique. Comme dans tous les systèmes d'ossatures, la liaison avec le remplissage doit être soignée : stabilité des murs de remplissage (liaison souple ou rigide) et étanchéité entre les deux matériaux (couvre-joint, joint élastique...).

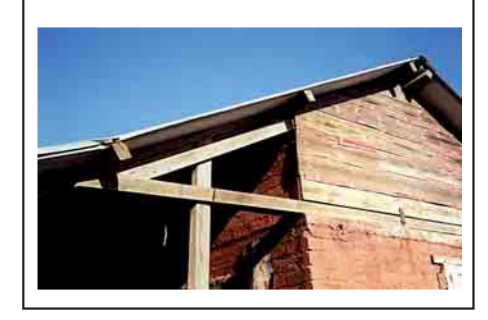
HABITAT SOCIAL : Aide en Nature à ossature bois ou CASE KRIPI - 1980 - réalisation SIM

C'est la première construction sociale proposée à Mayotte par la SIM, elle sera construite en un très grand nombre d'exemplaires. La SIM fournissait principalement l'ossature, l'allocataire s'occupant de terminer le remplissage. Celui-ci pouvait donc être réalisé avec un large choix de matériaux : torchis, tôles, raphia, parpaings, BTC et kripi (solution très souvent retenue et consistant en un remplissage de cailloux retenus par un grillage fixé à l'ossature et recevant une finition de crépi ciment).









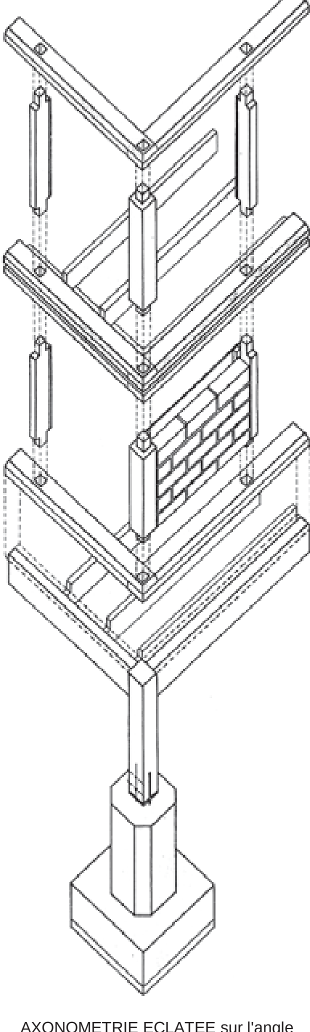


Entrée du dispensaire de Iloni

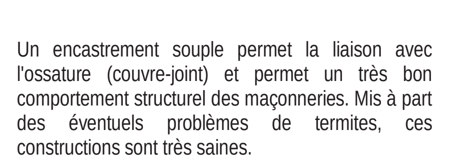
LOGEMENT LOCATIF : Case bois - 1986 - réalisation SIM

Maison à ossature constituée de poteaux, poutres, contreventement, planchers et charpente en bois, murs de remplissage en BTC.

La construction en maçonnerie de remplissage mince avec ossature bois, outre sa rapidité de mise en œuvre "chantier", **est également économique** puisqu'elle permet de s'adapter à des terrains en fortes pentes **sans terrassements ni soubassements importants**. Des plots béton sont utilisés pour reprendre, en fondation, les poteaux de la structure, cette solution est peu consommatrice de matériaux. Les remplissages en BTC de l'ossature sont de plusieurs types : blocs montés sur champ (épaisseur 9 cm) et petites briques (22 x 10,5 x 5). Le BTC étant alors le matériau le plus économique, son utilisation était justifiée. Les dimensions de l'ossature s'adaptent au calepinage des briques (largeur des panneaux : 94 cm).

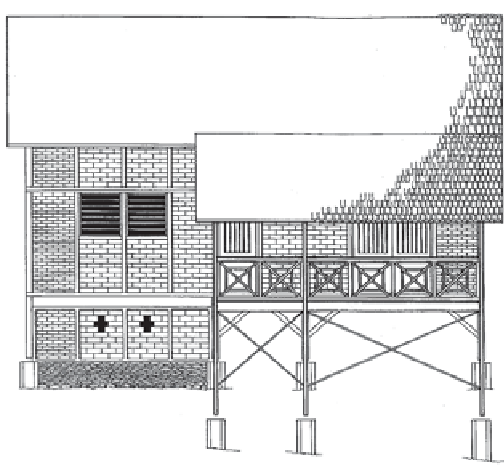


AXONOMETRIE ECLATEE sur l'angle de la case bois



Un encastrement souple permet la liaison avec l'ossature (couvre-joint) et permet un très bon comportement structurel des maçonneries. Mis à part des éventuels problèmes de termites, ces constructions sont très saines.

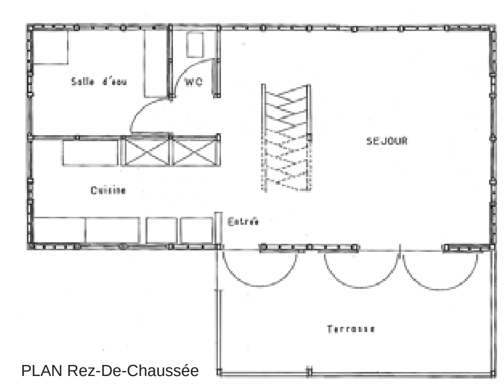




FACADE côté VARANGUE

PHOTO DU PIGNON



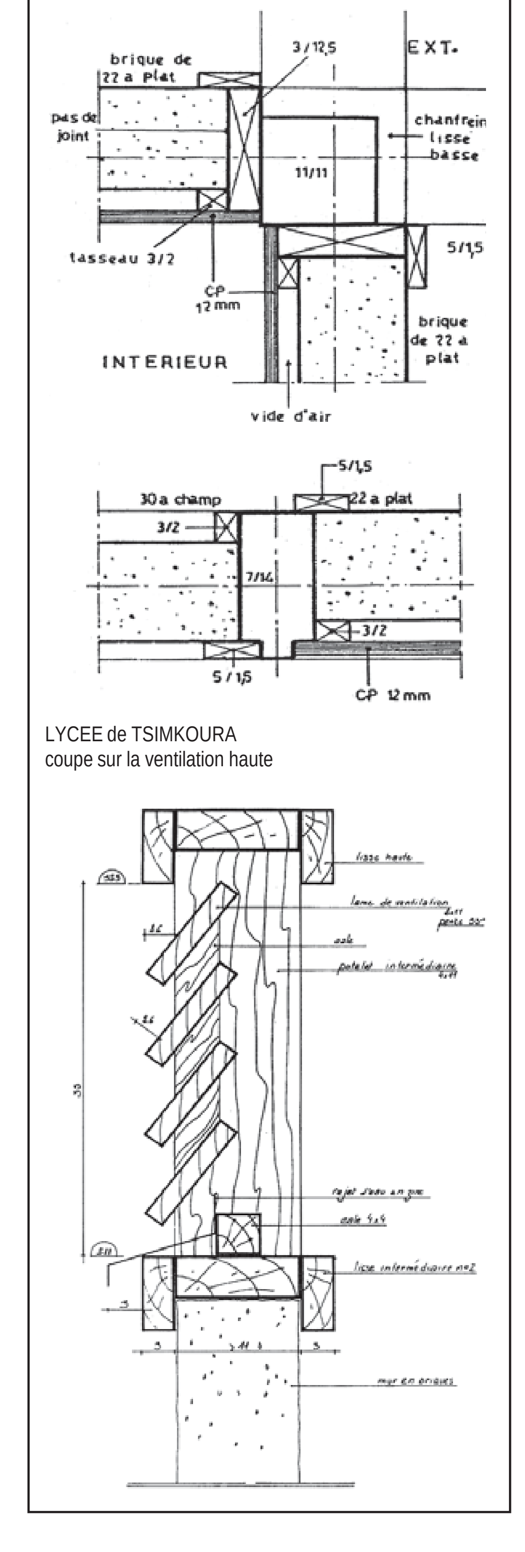


PLAN Rez-De-Chaussée



EXPERIMENTATION à SADA, logement social, conception D.E.

DETAILS de LIAISON
CASE BOIS - 1986
angles et panneaux de façade



LYCEE de TSIMKOURA
coupe sur la ventilation haute





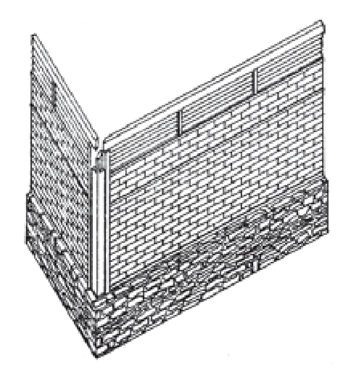
BATIMENTS PUBLICS : Les dispensaires - 1985
La liaison ossature bois-maçonnerie de BTC est assurée par un cloutage régulier noyé dans les lits de mortier. Ce principe qui rigidifie l'ensemble des éléments du bâtiment n'a pas posé de problèmes structurels. Bois et brique ayant des comportements dimensionnels "compatibles".

Cependant des infiltrations d'eau sur les murs exposés aux pluies, au niveau de la jonction des deux matériaux ,ont entraînés la corrosion des clous, et la dégradation des mortiers.

BATIMENTS PUBLICS, conception AMA, Attila CHEYSSIAL architecte

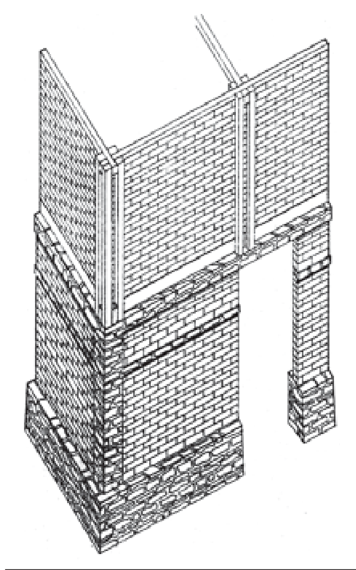
LYCEE de TSIMKOURA - 1984-85

Des éléments bois verticaux assemblés en "U" assurent la liaison de l'ossature principale (poteaux 11 x 11 cm) avec les panneaux de remplissage BTC. Ils jouent le rôle de couvre-joints et de raidisseurs en bout de mur (détail identique à celui de la case bois, voir ci-contre à gauche).





CETAM de DZOUMOGNE - 1986



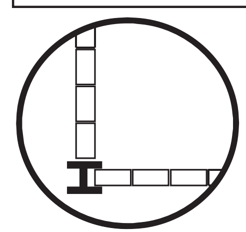
L'étage est réalisé en ossature + remplissage brique sur un premier niveau en ossature pierre armée + remplissage BTC. Le système d'ossature bois est intéressant, il utilise des poteaux, réalisés avec 4 potelets 8 X 8 cm, qui moisent les murs en BTC et qui permettent de solutionner indifféremment les liaisons en angles ou en panneaux courants.
L'enveloppe en maçonnerie est continue ce qui limite les problèmes de gestion de l'étanchéité.





LOGEMENT + COMMERCE: Place du marché - 1988 -conception et réalisation SIM
Ce bâtiment, a usage commercial et de bureaux en partie réalisé en ossature bois, reprend le principe constructif de la case bois (page précédente).

6.3 CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE DE REMPLISSAGE
MURS EN REMPLISSAGE D'UNE OSSATURE METALLIQUE



La construction en maçonnerie de remplissage mince dans une ossature métallique offre l'avantage d'une structure qui peut être en partie préfabriquée (portiques, fermettes...) et surtout rapidement assemblée sur le chantier, mais requiert une technicité et des équipements importants : l'intervention d'une grue devient nécessaire pour des ossatures importantes, ainsi que des outils de serrage appropriés...
Des profilés standards ont été utilisés (profilés **I**) pour les projets lancés dès 1996. Toutefois, des profilés pliés spéciaux adaptés pourraient largement enrichir les possibilités techniques et esthétiques de ce système d'ossature.
Une attention particulière est à apporter aux solutions de contreventement de l'ossature : la rigidité des panneaux en maçonnerie est incompatible avec la flexibilité de l'ossature, et si une structure soumise à des efforts importants n'est pas contreventée correctement, un éclatement des remplissages est possible.
Les détails de liaison entre ossature métallique et panneaux de BTC doivent assurer la stabilité des panneaux de maçonnerie et offrir des solutions d'étanchéité appropriées.
L'ossature métallique a perms de réaliser à Mayotte des bâtiments industriels et des logements de deux niveaux.

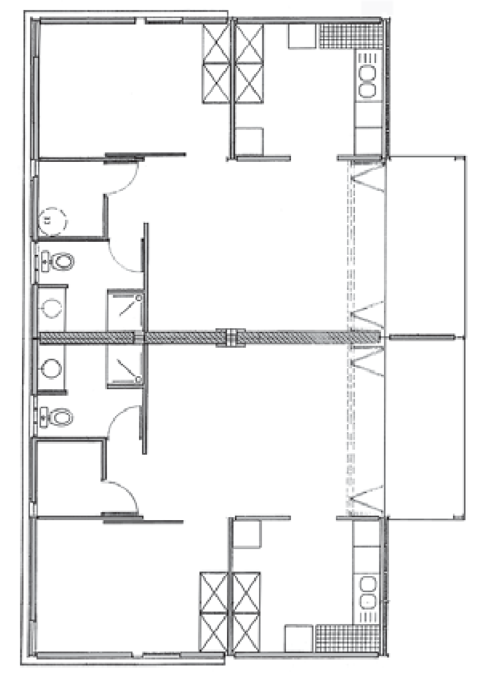


Mis à part les délais d'importation de l'ossature, ce projet a été rapidement monté : l'entrepeneur s'occupait de tous les corps d'états. La construction à ossature métallique et bois a permis de diversifier les opérations et donc de faire travailler de nombreuses entreprises à un moment où la demande en logements était très forte.





Le matériau acier résiste aussi bien à la traction qu'à la compression, et supporte mieux que les autres matériaux de structure l'alternance de ces deux efforts. La résistance au cisaillement est également bonne.
Les assemblages de l'ossature sont rigides et sont réalisés par combinaison de soudage et boulonnage (boulons précontraints à haute résistance et à serrage contrôlé).

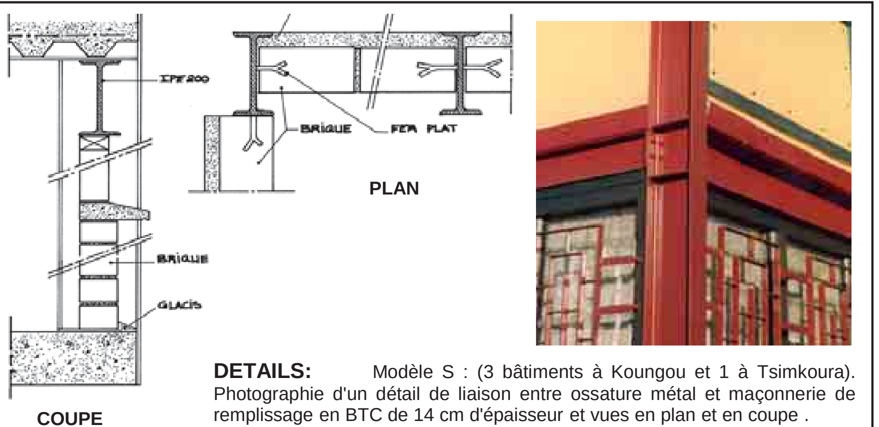


L'ossature est raidie par un diaphragme que constitue un plancher mixte en béton armé coulé sur un platelage en tôle d'acier nervuré. Sur la moitié du périmètre du bâtiment, le contreventement longitudinal et transversal est assuré en remplissage de l'ossature par des voiles de 1 mètre de haut en béton armé. Les murs de 14 cm d'épaisseur en maçonnerie de remplissage des palées sur le périmètre du bâtiment ainsi que les murs de refend en maçonnerie de 29,5 d'épaisseur participent également au contreventement de l'ouvrage.
La couverture du bâtiment a été réalisée en charpente bois traditionnelle.

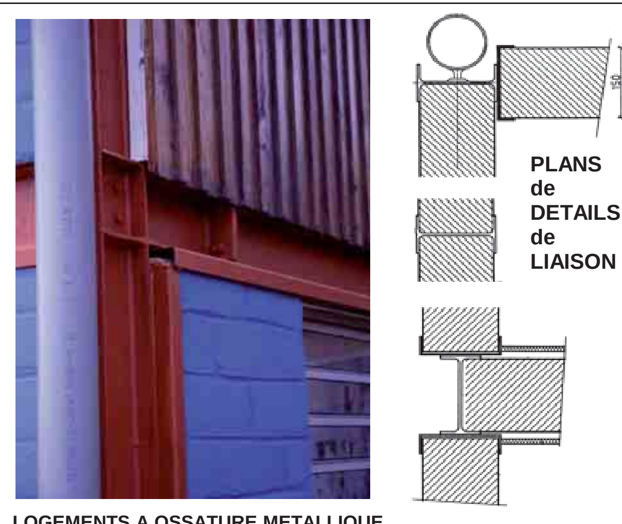
HABITAT LOCATIF :
Modèle S. Logement semi-collectif, R+1 - 1996
Conception et réalisation SIM.
3 opérations à Koungou Pointe et 1 à Tsimkoura. Coût : 4 272 F par M2 habitable.







DETAILS: Modèle S : (3 bâtiments à Koungou et 1 à Tsimkoura). Photographie d'un détail de liaison entre ossature métal et maçonnerie de remplissage en BTC de 14 cm d'épaisseur et vues en plan et en coupe .



COUPE

LOGEMENTS A OSSATURE METALLIQUE
Ci-dessus : Photographie et vues en plan et en coupe de détails de liaison entre ossature métallique et maçonnerie de BTC en remplissage.

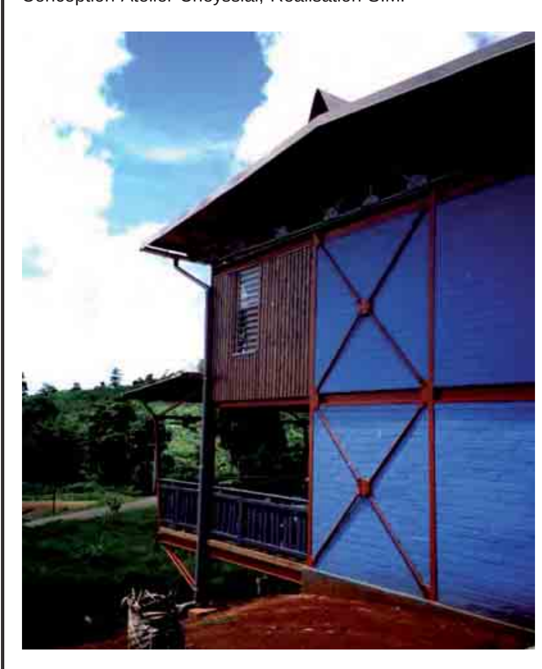
On rappelera, comme pour tout système d'ossature, que les détails entre l'ossature et le matériau de remplissage BTC, sont des points sensibles dus au comportement différentiel de l'ossature et du matériau de remplissage dont les liaisons et l'étanchéité doivent être réglées. L'ensemble de ces détails doivent être soigneusement pensés avant la construction surtout dans le contexte d'insularité de Mayotte où les délais de livraison des matériaux importés reste un critère supplémentaire de gestion du projet. Les contraintes du système restent les questions de dilatation et de traitement anti-corrosion du matériau.



Ci-dessus et ci-dessous :
Bureaux et aire de stockage.
Zone industrielle à Kawéni.
Conception et réalisation SIM - 1996

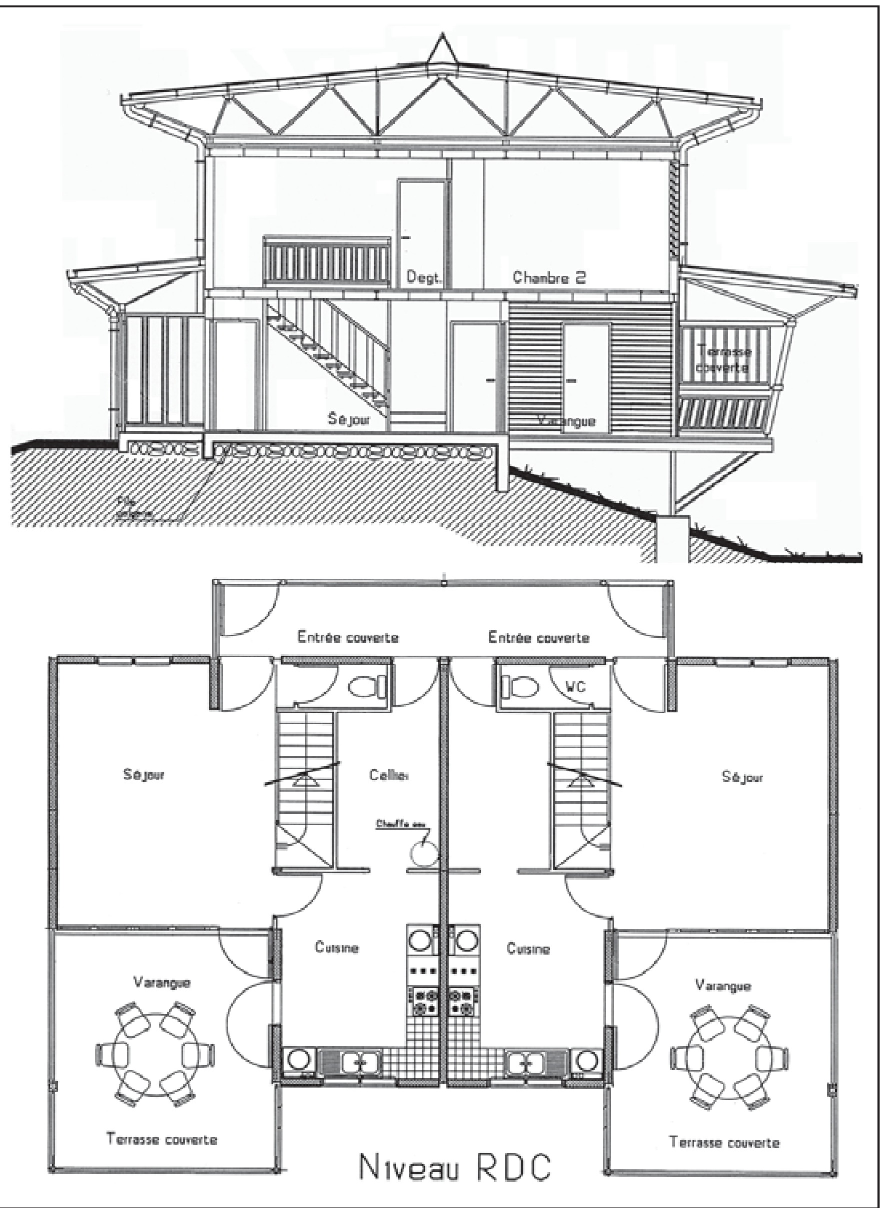


LOGEMENT LOCATIF
Logements R+1 à ossature métallique. 1996
Conception Atelier Cheyssial, Réalisation SIM.

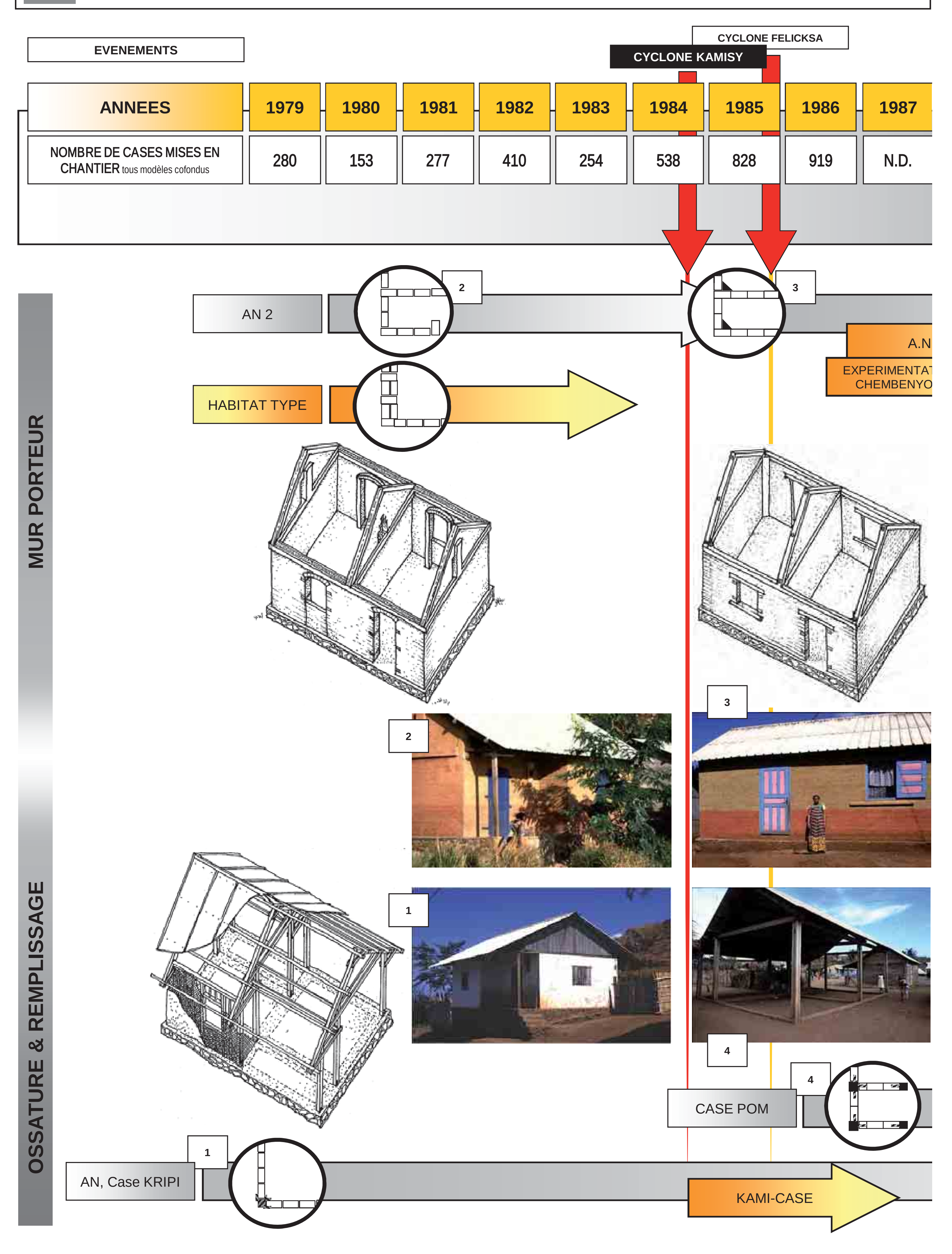


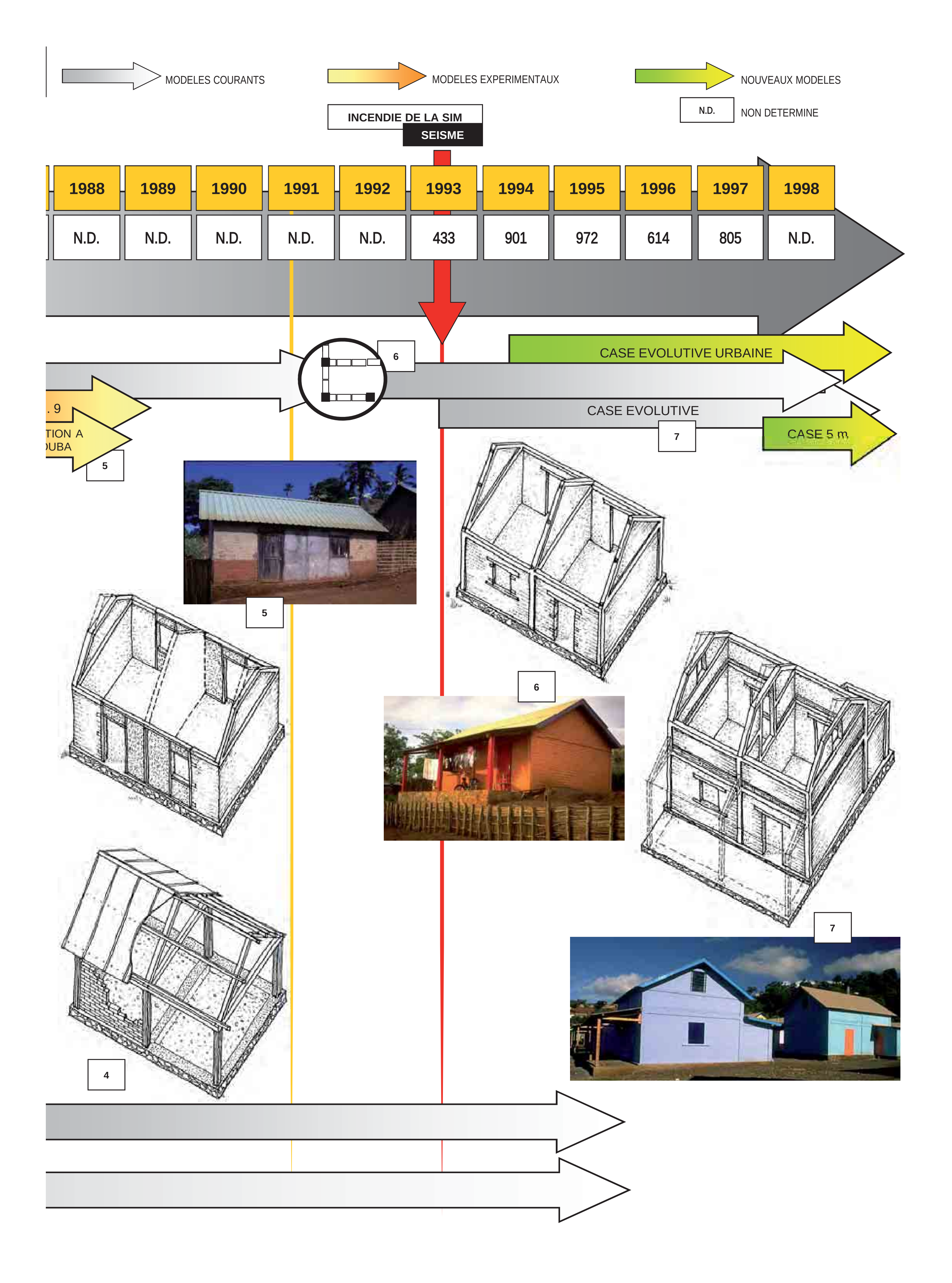
L'ossature métallique est entièrement réalisée avec des profilés IPE 160. Le contreventement est assuré sur les palées centrales par des tirants assemblés en croix de St. André. La toiture est un ensemble de fermettes métalliques préfabriquées au sol sur le site.
Les murs de remplissage de 14 cm d'épaisseur participent également au contreventement de l'ouvrage.
A l'étage, l'ossature est raidie par un diaphragme que constitue la dalle de la salle de bain en béton armé coulé sur un platelage en tôle d'acier nervuré et un plancher à platelage bois de 22 cm.

6 bâtiments à Dembéni et 2 à Bandrele.
Le coût de l'opération se monte à 1.041.000 francs, soit 3 800 F. au M2 SHOB.

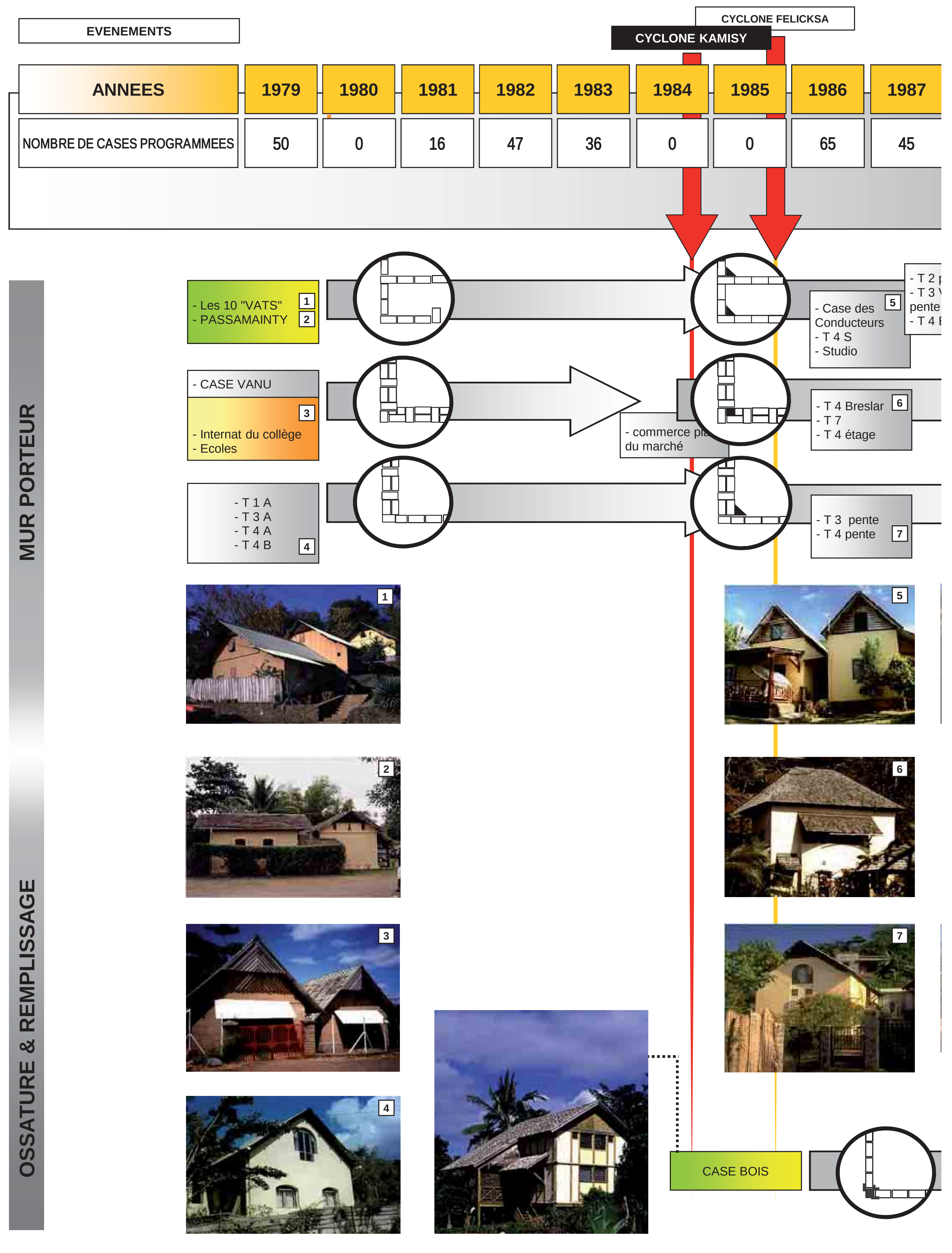


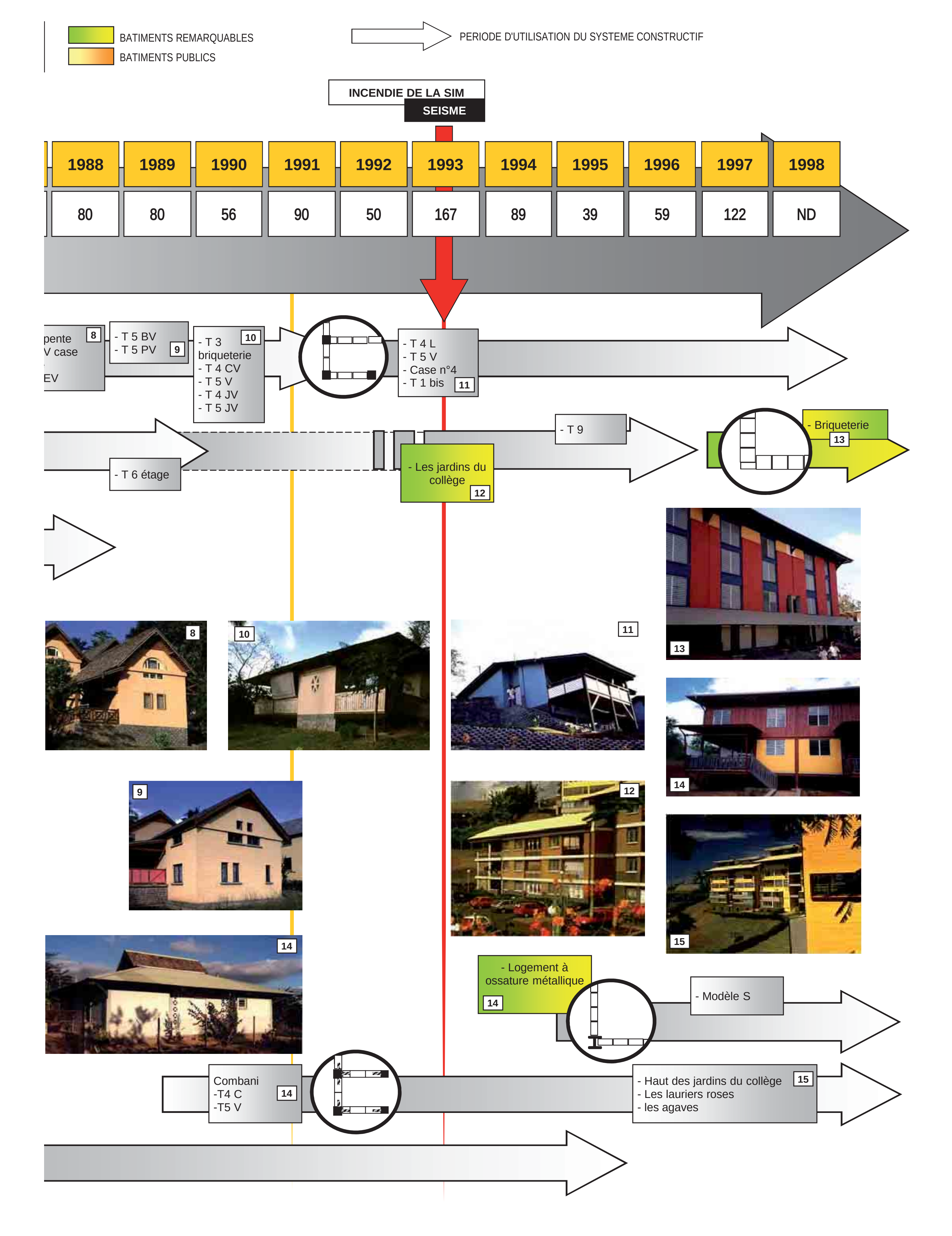
8.1 CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE DE BTC, TABLEAU SYNOPTIQUE
CHRONOGRAMME DES MODELES HABITAT SOCIAL




MODELES COURANTS
MODELES EXPERIMENTAUX
NOUVEAUX MODELES
N.D.
NON DETERMINE
INCENDIE DE LA SIM
SEISME
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
N.D.
N.D.
N.D.
N.D.
N.D.
433
901
972
614
805
N.D.
CASE EVOLUTIVE URBAINE
CASE EVOLUTIVE
CASE 5 m
6
7
5
5
6
7
4

CHRONOGRAMME DES MODELES HABITAT LOCATIF




BATIMENTS REMARQUABLES
BATIMENTS PUBLICS
PERIODE D'UTILISATION DU SYSTEME CONSTRUCTIF
INCENDIE DE LA SIM
SEISME
1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998
80 80 56 90 50 167 89 39 59 122 ND
pente
V case
EV
8
- T 5 BV
- T 5 PV
9
- T 3
briqueterie
- T 4 CV
- T 5 V
- T 4 JV
- T 5 JV
10
- T 4 L
- T 5 V
- Case n°4
- T 1 bis
11
- T 9
- Briqueterie
13
- T 6 étage
- Les jardins du collège
12
- Logement à ossature métallique
14
- Modèle S
Combani
-T4 C
-T5 V
14
- Haut des jardins du collège
- Les lauriers roses
- les agaves
15

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk, F. Vitoux - CRATerre-EAG
Construire en terre
Ed Alternatives, Paris, 1985.

Houden H. et Guillaud H. - CRATerre-EAG
Traité de construction en terre, L'encyclopédie de la construction en terre
Vol 1 - Ed Parenthèses, Marseille, 1989.

V. Rigassi - CRATerre-EAG
Blocs de terre comprimée, Volume I : Manuel de production
Ed GATE-GTZ, Esshborn, 1995.

H. Guillaud, T. Joffroy, P. Odul - CRATerre-EAG
Blocs de terre comprimée, Volume II : Manuel de comception et de construction
Ed GATE-GTZ, Esshborn, 1995.

CDI - CRATerre-EAG - GUIDE du CDI, serie technologies N°11
Blocs de terre comprimée, normes
Ed CDI - CRATerre, 1998.

CRATerre-EAG
Construction en arcs, voûtes et coupoles
Ed SKAT, St Gallen.

D.Bernstein, J.-P. Champetier, F. Peiffer
La maconnerie sans fard. Méthodes récentes de maçonnerie apparente
Ed du MONITEUR, Paris, 1982.

A. Orton
Structural design of masonry
Ed Longman Inc., New York, 1986.

J. Breslar
Habitat Mahorais Tome 1 : une perspective ethnologique
Direction de l'Equipement, Mayotte - 1982.

B. Chatain et L.A. Cheyssial
Habitat Mahorais Tome 2 : étude analytique et perspectives
Direction de l'Equipement, Mayotte - 1982.

M. Besombes, P.Y. Perrot
Habitat Mahorais Tome 3 : Bilan des premières réalisations
Direction de l'Equipement, Mayotte - 1982.

SIM - catalogue de l'exposition:
15 ans d'architecture à Mayotte, le pari du développement local
1995.

DIVERS

CRATerre-EAG : Doat P., Rigassi V.
Mayotte : la filière bloc de terre comprimée et la démarche qualité, avant - projet 1994 - 2000 -
Rapport, Grenoble, mars 1994

SIM : T. Lignier
Notices techniques Blocs de Terre Comprimée
Mayotte, avril / septembre 1997.

CSTB : M. Bazin
Faisabilité de documents normatifs à partir de l'état de l'art de la filière de construction en blocs de terre comprimée
Rapport, Paris, mars / juin 1998.

Cet ouvrage a été achevé d'imprimer le XX
1999 sur les presses de l'imprimerie
Bastianelli-Guirimand
pour le compte de
la Société Immobilière de Mayotte.
Dépôt légal:
XX 1999
première édition: 2500 exemplaires

La publication de cet ouvrage constitue une étape importante pour la filière «Blocs de Terre comprimée» qui a débuté voilà près de vingt ans à Mayotte, ceci notamment grâce à la SIM, la Direction de l'Équipement et le CRATerre-EAG, lesquels ont bien entendu été relayés par les innombrables artisans mahorais qui ont fait que cette filière devienne un véritable fait culturel et un atout pour Mayotte.

Beaucoup ont pu mesurer la dimension sociale et économique que ce matériau a pu donner à Mayotte, il faut donc maintenant que ce savoir-faire s'intègre dans la culture technique globale et qu'il soit reconnu comme technologie usuelle, ceci comme un apport de Mayotte à l'ensemble du territoire.

Le travail engagé depuis 1994 par les divers acteurs du bâtiment, sous la houlette de la Direction de l'Équipement, de la SIM et du CRATerre-EAG, s'inscrit dans cette approche, à savoir, fournir aux professionnels du bâtiment les outils nécessaires et usuels à la pratique de leur métier. Nul doute que ce document sera un outil précieux pour les concepteurs et constructeurs de Mayotte bien entendu, mais aussi pour les nombreux praticiens qui, de par le monde, ont bien mesuré les enjeux culturels, sociaux et économiques de cette technologie.

Car, il ne faut pas l'oublier, Mayotte et ses réalisations admirables sont un exemple à plus d'un titre : d'abord pour la qualité architecturale des centaines de bâtiments réalisés depuis vingt ans, mais aussi pour la méthode de mise en place d'une filière de construction qui ne peut être appréhendée que globalement. Il ne fait pas de doute que l'exemple de Mayotte, ayant dépassé depuis longtemps le stade de l'expérience, a un rayonnement qui déborde largement les frontières. Ceci non seulement pour les professionnels du bâtiment, mais aussi et surtout pour les décideurs conscients du problème du logement et d'un développement durable.



Société Immobilière de Mayotte


CRATerre-EAG


Direction de l'Equipement de Mayotte